

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM



АО ТКЗ "КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК" -

ЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК

KRASNY KOTELSHCHIK

JOINT-STOCK COMPANY

Таганрогский котлостроительный завод - старейший по производству энергетического оборудования.

В 1896 году Русско - Бельгийского акционерного общества "Альберт Нев, Вильде и К" основало котельный завод, рассчитывая на перспективу применения в России парозлектрической энергии. 500 рабочих за 120 дней построили завод на площади в 11 тыс. м². Пуск завода состоялся 22 сентября 1896 года (по старому стилю).

ТКЗ всегда был пионером в отечественном котлостроении и раньше других котельных заводов внедрял передовые технологии в изготовление паровых котлов.

С 1932 года котлостроители начали применять ручную электродуговую сварку для сварки сосудов нефтеаппаратуры и камер подогревателей котлов. К ноябрю 1934 года завод изготовил тысячный котел, в том числе 84 котла производительностью 150 и 200 тонн пара в час, с рабочим давлением 32 атм. и сотни котлов средней и малой мощности. Поставкой 7-ми секционных котлов Турции в 1934 году фактически начался экспорт энергетического оборудования.

В 1935 году из Ленинграда приехала группа опытных конструкторов, ставшая основой самостоятельного конструкторского бюро завода.

С 1947 года начинается новый этап в истории завода "Красный котельщик". Завод получил сложное задание: начать выпуск котлов высокого давления - на 100 атмосфер и 510°C производительностью 170 и 230 т пара в час. Первый такой котел высокого давления на 100 атмосфер и паропроизводительностью 230 т/час для энергоблока 50 МВт был изготовлен, смонтирован и пущен в эксплуатацию в 1948 году.

Вторая половина 50-х годов - это годы широкого освоения в народном хозяйстве котлов паропроизводительностью 420, 480, 500, 670 тонн пара в час, давлением 140 атмосфер и температурой перегретого пара 570/540°C. Начало 60-х годов связано с новой, еще более значительной, программой оснащения энергетики страны блоками мощностью 300, 500 и 800 МВт. Вводится новая ступень параметров - давление 255 атмосфер, перегрев пара 570/540°C. В 1961 году завод выпустил первый котел производительностью 950 т/час, в 1973 - производительностью 2650 т/час, в 1976 году - 3950 т/ч на те же параметры пара.

Длительное время как в мировой, так и в российской энергетике преобладала тенденция интенсивного наращивания мощностей, строительства крупных электростанций с мощными и сверхмощными энергоблоками (300, 500, 800 МВт). Россия по темпам ввода энергомощностей занимала ведущее место в мире, при этом более 70% энергоблоков оснащались котлами ТКЗ. Это обусловило непрерывный рост единичной производительности котлов и объема их годовых выпусков.

Продукцией АО ТКЗ является разнообразное оборудование для энергетики и других отраслей промышленности, в том числе:

- энергетические котлы производительностью от 75 до 3650 тонн пара в час на рабочее давление пара до 25.5 МПа, для работы на всех энергетических топливах (коксовый, доменный, природный газы, нефть, мазут, каменноугольная смола, торф, сланцы, бурые, каменные и тощие угли, антрацит);
- котлы для промышленной энергетики, отопительные котлы (водогрейные и паровые);
- котлы-утилизаторы для конверторов металлургических заводов;
- котлы-утилизаторы для газовых турбин;
- высоконапорные парогенераторы для парогазовых установок;
- подогреватели высокого и низкого давления для систем регенерации паровых турбин мощностью 200 МВт;
- испарители, расширители продувок, различные теплообменники;
- подогреватели мазута;
- оборудование для химической очистки воды;
- энергетическая арматура различного назначения с давлением среды до 10.0 МПа;
- энергетические калориферы.

Производственные мощности позволяют выпускать в год:

- | | |
|--|-------------------|
| - котлы суммарной
производительностью | - 24000 т пара/ч; |
| - аппараты химводоочистки | - 4000-5000 шт.; |
| - подогреватели высокого и низкого давления
для систем регенерации турбин | - 250-270 шт; |
| - барабаны высокого и среднего давления | - 120-130 шт; |
| - арматура запорная и регулирующая | - 30000-35000 шт; |
| - регенеративные вращающиеся воздухоподогреватели | - 30-35 шт; |
| - металлоконструкции каркасов котлов | - 30000-35000 т. |

Конструкторские службы завода ориентировались на разработку мощных и сверхмощных котельных агрегатов. Параллельно с этим разрабатывалось вспомогательное оборудование: подогреватели низкого и высокого давления для схем регенерации турбин, водоподготовительное оборудование для блочных обессоливающих установок и подготовки добавочной воды также большой производительности. Исходя из сложившихся условий добычи топлива и снабжения им электростанций, котлы проектируются для сжигания в них различных видов топлива, в том числе низкосортных. АО ТКЗ "Красный котельщик" имеет большой опыт сжигания почти всех используемых в энергетике топлив (мазут, газ, твердые сорта топлив) и владеет "ноу-хау" по разработке конструкций котлов для сжигания малореакционных (АШ, тощий уголь), низкокалорийных и шлакующихся топлив (сланцы, торф, высоковлажные бурые угли, лигниты), отходов от обогатительных фабрик, доменного и коксового газа.

Основу номенклатурного перечня предприятия составляют котлы барабанного типа с естественной циркуляцией на давление 13,3 МПа паропроизводительностью 500 т/ч и 670 т/ч к энергоблокам соответственно 150 МВт и 200 МВт и прямоточные котлы на сверхкритические параметры пара D=1000 т/ч и D=2650 т/ч к энергоблокам 300 МВт и 800 МВт (см. табл.1).

Табл.1

Тип котла	Паропроизводительность, т/ч параметры пара: p, МПа; t, °C	Вид топлива	Год выпуска первого образца
ТП-170, ТП-230, барабанный	$\frac{170 \dots 230}{10; 510}$	АШ тощие, КУ, БУ, торф, сланцы, мазут, природный и доменный газ	1946
ТП-81, ТП-87, ТГМ-84, ТГМ-96, барабанный	$\frac{420 \dots 480}{14; 570}$	Все виды твердых топлив, газ, мазут	1955
ТП-240, барабанный	$\frac{1000}{25; 545 / 545}$	Подмосковный БУ	1953
ТП барабанный с промперегревом (ТП-90, ТП-100 и т.д.)	$\frac{500 \dots 640}{14; 570 / 570}$	Разные виды топлив	1961
ТГМП, ТПП, прямоточный СКД двухкорпусный (ТПП-110, ТГМП-114 и т.д.)	$\frac{950}{25; 570 / 570}$	Разные виды топлив	1961
ТПП-200, прямоточный двухкорпусный	$\frac{2650}{25; 570 / 570}$	АШ тощий	1963
ТГМП-324, -344 прямоточный однокор- пусный, газоплотный	$\frac{1000}{25; 545 / 545}$	Мазут, газ	1971, 1980
ТГМП-204, ТПП-804, прямоточный однокорпусный	$\frac{2650}{25; 545 / 545}$	Газ, мазут (204), твердое топливо (804)	1973 1983
ТГМП-1202, прямоточный однокорпусный	$\frac{3950}{25; 545 / 545}$	Мазут, газ	1978
ТГМП-206, ТПЕ-214, 215, - 216, однокорпусный бара- банный с промперегревом	$\frac{670}{14; 545 / 545}$	Газ, мазут (206), твердое топливо (214, 215, 216)	1975-1980

С начала 60-х годов завод перешел на крупноблочную поставку котлов всех типов. Монтаж котлов на электростанциях выполняется блоками с высокой степенью заводской готовности, что сокращает сроки монтажа и повышает надежность котлоагрегата в целом. Такой способ производства котлов был освоен за рубежом значительно позже.

С начала 70-х годов на ТКЗ, как и в мировой практике, начали применять газоплотное ограждение топочной камеры и газоходов из плавниковых труб или труб с проставкой, сваренных сплошным продольным швом. Это позволило повысить экономичность котлов и надежность их работы.

Все типы котлов, приведенные в таблице 1, имеют годами отработанные "П" и "Т"-образные компоновки поверхностей нагрева.

Отсутствие перспектив на обозримый период ощутимого ввода новых мощностей на электростанциях, и одновременно тенденция продления срока службы установленного оборудования привела к необходимости выполнения разработок по глубокой модернизации действующих котлов с тем, чтобы наряду с заменой отработавших или дефектных узлов выполнялись работы по достижению на этих котлах технических показателей, отвечающих современным требованиям в части экологии, степени автоматизации, экономических показателей, расширение диапазона рабочих нагрузок и т.п.

Такие проработки осуществляются практически для всех основных типов котлов ТКЗ, эксплуатируемых в настоящее время на электростанциях России и бывших республик СССР.

Котлы, изготовленные и поставленные ранее, а также изготавливаемые в настоящее время АО "Красный Котельщик" производительностью 170 т/ч и более приведены в таблице в хронологическом порядке. В верхней части таблицы указаны котлы в негазоплотном исполнении, в нижней - в газоплотном. Первый образец мощного парового котла, каким считался в то время котел 170 т/ч изготовлен в 1946 году. Что касается количества поставленных котлов, то в качестве примера можно отметить следующее. Барабанных котлов производительностью 170 т/ч поставлено 90 шт., производительностью 420 т/ч - 450 шт., из которых 250 шт. газомазутных, котлов 500 т/ч в газоплотном исполнении, пришедших на смену котлам 420 т/ч и 480 т/ч - 80 шт.

Котлов сверхкритического давления прямоточного типа изготовлено 160 шт., из них 140 шт. к энергоблокам 300 Мвт, 19 шт. - к энергоблокам 800 МВт, один к энергоблоку 1200 МВт. Нарботка, например, первых котлов 420 т/ч на газе и мазуте превысила 200 тыс. часов, а более половины из них имеют наработку более 100 тыс. часов.

Однако в части технико-экономических, экологических и других показателей современным требованиям отвечают только конструкции котлов, разработанные в последние годы, а также некоторые модернизированные котлы.

К таким котлам относятся:

- Котел ТГМЕ-221, одnobарабанный, производительностью 670 т/ч с промперегревом для сжигания природного газа и мазута на параметры пара 13,8 МПа, 545/545°C. Имеется модификация этого котла для работы в составе парогазовой установки.
- Котел ТГМП-344, прямоточный, с промперегревом, производительностью 1000 т/час для сжигания газа и мазута на параметры пара 25 МПа, 545/545°C.
- Котел ТПЕ-214, одnobарабанный, с промперегревом, производительностью 670 т/час для сжигания твердого топлива на параметры пара 13,8 МПа, 545/545°C.
- Котел ТПЕ-216, одnobарабанный, с промперегревом, производительностью 670 т/час для сжигания бурых углей на параметры пара 13,8 МПа, 545/545°C.
- Котел ТГЕ-190, одnobарабанный, производительностью 160 т/час для сжигания газа и мазута на параметры пара 3,9 МПа, 440°C.

Работы по реконструкции и модернизации ранее поставленных котлов, проводимые заводом, можно разделить на 3 группы:

1. Реконструкция по результатам первичной эксплуатации, необходимость в которой возникает в основном при сжигании станциями топлив с характеристиками и свойствами, отличающихся от принятых при проектировании котлов, переводе, например, пылевых котлов на сжигания природного газа и мазута, если такое сжигание не было предусмотрено в проекте. В первую очередь это относится к новым котлам после ввода их в эксплуатацию и в период освоения.
2. Восстановление работоспособности (обновление поверхностей нагрева) котлов, как правило, совмещается с внедрением экологических мероприятий, а также внедрение экологических мероприятий с соответствующей корректировкой поверхностей нагрева и конструкции отдельных узлов котлов.

Отсутствие перспектив на обозримый период ощутимого ввода новых мощностей на электростанциях, и одновременно тенденция продления срока службы установленного оборудования привела к необходимости выполнения разработок по глубокой модернизации действующих котлов с тем, чтобы наряду с заменой отработавших или дефектных узлов выполнялись работы по достижению на этих котлах технических показателей, отвечающих современным требованиям в части экологии, степени автоматизации, экономических показателей, расширение диапазона рабочих нагрузок и т.п.

Такие проработки осуществляются практически для всех основных типов котлов ТКЗ, эксплуатируемых в настоящее время на электростанциях России и бывших республик СССР.

Котлы, изготовленные и поставленные ранее, а также изготавливаемые в настоящее время АО "Красный Котельщик" производительностью 170 т/ч и более приведены в таблице в хронологическом порядке. В верхней части таблицы указаны котлы в газоплотном исполнении, в нижней - в газоплотном. Первый образец мощного парового котла, каким считался в то время котел 170 т/ч изготовлен в 1946 году. Что касается количества поставленных котлов, то в качестве примера можно отметить следующее. Барабанных котлов производительностью 170 т/ч поставлено 90 шт., производительностью 420 т/ч - 450 шт., из которых 250 шт. газомазутных, котлов 500 т/ч в газоплотном исполнении, пришедших на смену котлам 420 т/ч и 480 т/ч - 80 шт.

Котлов сверхкритического давления прямоточного типа изготовлено 160 шт., из них 140 шт. к энергоблокам 300 Мвт, 19 шт. - к энергоблокам 800 Мвт, один к энергоблоку 1200 Мвт. Нарботка, например, первых котлов 420 т/ч на газе и мазуте превысила 200 тыс. часов, а более половины из них имеют наработку более 100 тыс. часов.

Однако в части технико-экономических, экологических и других показателей современным требованиям отвечают только конструкции котлов, разработанные в последние годы, а также некоторые модернизированные котлы.

К таким котлам относятся:

- Котел ТГМЕ-221, одnobарабанный, производительностью 670 т/ч с промперегревом для сжигания природного газа и мазута на параметры пара 13,8 МПа, 545/545°C. Имеется модификация этого котла для работы в составе парогазовой установки.
- Котел ТГМП-344, прямоточный, с промперегревом, производительностью 1000 т/час для сжигания газа и мазута на параметры пара 25 МПа, 545/545°C.
- Котел ТПЕ-214, одnobарабанный, с промперегревом, производительностью 670 т/час для сжигания твердого топлива на параметры пара 13,8 МПа, 545/545°C.
- Котел ТПЕ-216, одnobарабанный, с промперегревом, производительностью 670 т/час для сжигания бурых углей на параметры пара 13,8 МПа, 545/545°C.
- Котел ТГЕ-190, одnobарабанный, производительностью 160 т/час для сжигания газа и мазута на параметры пара 3,9 МПа, 440°C.

Работы по реконструкции и модернизации ранее поставленных котлов, проводимые заводом, можно разделить на 3 группы::

1. Реконструкция по результатам первичной эксплуатации, необходимость в которой возникает в основном при сжигании станциями топлив с характеристиками и свойствами, отличающихся от принятых при проектировании котлов, переводе, например, пылевых котлов на сжигания природного газа и мазута, если такое сжигание не было предусмотрено в проекте. В первую очередь это относится к новым котлам после ввода их в эксплуатацию и в период освоения.

2. Восстановление работоспособности (обновление поверхностей нагрева) котлов, как правило, совмещается с внедрением экологических мероприятий, а также внедрение экологических мероприятий с соответствующей корректировкой поверхностей нагрева и конструкции отдельных узлов котлов.

3. Модернизация котлов, отработавших свой ресурс. В создавшихся экономических условиях в ряде случаев более целесообразно провести модернизацию на новом, более высоком техническом уровне с возможностью сохранения фундаментов и каркасов котлов, чем устанавливать новое оборудование.

В настоящее время ТКЗ выполнено техно-коммерческие предложения (ТКП) на модернизацию всех котлов, указанных в таблице 1.

В таблице 1 приведены технико-экономические показатели и краткие описания котлов ТП-42М, ТП-170М, ТГМ-84М, ТП-87М и ТГМЕ-464М. Для котлов ТП-170М и ТГМЕ-464 выполнены ТКП, для котлов ТП-42М и ТП-87 выполнен рабочий проект.

Разработка паровых котлов нового поколения.

Существующие конструкции паровых котлов, имеющие традиционные "П" и "Т"-образные компоновки поверхностей нагрева, обладая рядом достоинств, имеют большие недостатки, определяемые наличием переходного газохода:

- отсутствие дренируемости поверхностей нагрева, расположенных в переходном газоходе, что увеличивает продолжительность пусковых операций;
- не решен вопрос надежной работы креплений и дистанционирования труб поверхностей нагрева. Коррозия креплений (особенно при работе на тяжелых высокосернистых мазутах) нарушает дистанционирование труб, что снижает эффективность работы обдувочных аппаратов;
- на подовом экране переходного газохода имеют место отложения золы и остатков прокорродированных дистанционирующих элементов.

Спекание золы при длительном пребывании на поду переходного газохода в зоне высоких температур газов препятствует свободному тепловому расширению вертикальных змеевиков, что зачастую приводит к их повреждениям.

Учитывая вышеизложенные отрицательные факторы снижения надежности конструкторский отдел в конце 80 гг. приступил к проектированию парового котла D=670 т/ч с сомкнутой П-образной компоновкой газоходов с горизонтальным расположением в них поверхностей нагрева. При этом:

- улучшаются маневренные характеристики котла в связи с его полной дренируемостью;
- чисто восходящее движение газов в подъемном газоходе, в котором расположены теплонапряженные поверхности, создает равномерное температурное поле, что улучшает температурный режим поверхностей нагрева;
- коридорное расположение труб конвективного п/п в опускном газоходе обеспечивает надежную и экономичную работу котла при работе как на газе, так и на тяжелых мазутах. Создаются условия для применения охлаждаемых элементов крепления и дистанционирования поверхностей нагрева пароперегревателя и гарантирована их надежная очистка. Учитывая, что резервным топливом является мазут, шаги труб в КПП приняты из особенностей его сжигания.

Выбор профиля котла тесно связан с выбором типа топочного устройства, типом и количеством горелок.

Принимая во внимание результаты предварительных аэродинамических исследований, выполненных на стадии разработки технического предложения для данного котла, а также концепцию выбора топочного устройства, была принята компоновка горелок с боковым двухрусным их расположением с размещенными над ними соплами третичного дутья. Для выбора оптимального профиля газоходов котла, размещения поверхностей нагрева на стадии техпроекта был проведен подробный комплекс аэродинамических исследований изотермической модели котла.

Принятая компоновка горелок и предложенное размещение над ними сопл вторичного дутья позволили получить полное заполнение газами топочного объема с осевыми составляющими вектора скорости в центральной части топки (15-0,2).

W_0 [W_0 - среднерасходная скорость на выходе из горелок, сопл вторичного дутья]; меньшие значения относятся к сниженным нагрузкам (0,7Д).

Выполнение скоса фронтального экрана в сторону восходящего конвективного газохода под углом 45 град. дает возможность получить скоростную неравномерность по глубине газоходов не более 20-25%; по ширине ~35% на входе в опускной конвективный газоход. Уменьшение на 5% скоростной неравномерности способствует выполнению профилированного потолочного поворотного газохода со скосом фронтальной части на 23 град., на 15 град. - задней части и применения бесколлекторного фестона - II с разводкой задних экранных труб. При этом практически отсутствуют слабопроточные зоны у фронтальной и задней стен потолочной части котла, что в свою очередь способствует улучшению теплообмена потолочного пароперегревателя.

Разработанный профиль котла применен в первом рабочем проекте котла ТГМЕ-222, предназначенного для сжигания газа и мазута и выполненном в 1990 году.

В период за 1990-1996 годы АО ТКЗ применяет профиль котла с сомкнутой "П"-образной компоновкой поверхностей нагрева во всех новых проектах газо-мазутных котлов.

В настоящее время разработаны (или разрабатываются в 1996 году) рабочие проекты паровых котлов:

- Д-160 т/час (ТГМЕ-190) для Ижевской ТЭЦ
- Д-220 т/час (ТГЕ-129) для ТЭЦ-28 Мосэнерго
- Д-500 т/час (ТГМЕ-432) для Уфимской ТЭЦ
- Д-500 т/час (ТГЕ-433) для Невинномысской ГРЭС
- Д-670 т/час (ТГЕ-221) для Уренгойской ГРЭС
- Д-670 т/час (ТГМЕ-222) для Калининградской ТЭЦ

Разработан технический проект котла $D=1100$ т/час, $p=17,3$ МПа для экспортных поставок и Техничко-коммерческих предложений для котла $D=220$ т/час для Норильского меткомбината.

Перспективу развития приобретают комбинированные парогазовые установки (ПГУ). Использование парогазовых циклов, КПД которых более 50%, т.е. значительно выше КПД паротурбинных, сдерживалось отставанием газотурбинной отрасли. В настоящее время существует возможность появления необходимого количества газовых турбин в результате конверсий военных предприятий, расширения импорта такого оборудования.

Основные положения стратегии развития энергетики в России, определяют широкое применение газа как топлива для высокоэффективных и экологически чистых газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) установок.

Высокая эффективность, низкие капиталовложения, малый срок окупаемости, определяют перспективность освоения производства оборудования для ПГУ и ГТУ.

АО ТКЗ "Красный котельщик", один из крупнейших в Европе поставщиков котельного оборудования, предлагает свои услуги по разработке, проектированию и поставке котлов - утилизаторов и теплообменников для парогазовых и газотурбинных установок. Мы располагаем конструкторско-технологической и производственной базой, позволяющей в короткий срок выпускать утилизационное оборудование для ПГУ и ГТУ мощностью от 1 до 450 МВт.

В 1994 году было изготовлено и отгружено четыре котла-утилизатора ТКУ-1 для парогазовых установок Каменской ТЭС с газовыми турбинами мощностью 16 МВт. Котел для обеспечения заданных параметров пара оснащен дожигаящим устройством, позволяющим сжигать природный газ, используя в качестве окислителя воздух, содержащийся в отработанных газах после газовой турбины. На базе ТКУ-1 разработан котел-утилизатор с дожиганием как природного газа, так и дизельного топлива. Создано принципиально новое топочное устройство, позволяющее производить сжигание дизельного топлива в потоке газов за газовой турбиной. С применением этих разработок сделан технический проект котла-утилизатора для Пермской ТЭЦ-6.

Поставка четырех таких котлов намечается на 1997 год. Выполнен рабочий проект котла-утилизатора для ТЭЦ сахарного завода г.Изобильное и технический проект котла-утилизатора для ПГУ-450. В настоящее время, конструкторским бюро завода выполняется рабочий проект котла-утилизатора для

Ново-Горьковской ТЭЦ. Эти котлы намечены к поставке в июне 1996 года.

Отличительной особенностью котлов-утилизаторов АО ТКЗ "Красный котельщик", является поставка оборудования законченными блок-модулями, резко сокращающими время монтажа. Благодаря этому монтаж теплообменной части котла, может быть выполнен всего за несколько дней. Большое внимание при проектировании котлов-утилизаторов уделяется эксплуатационной надежности и ремонтпригодности. Завод имеет значительные мощности по производству оребренных труб, из которых изготавливаются поверхности нагрева. Современное, высокотехнологическое оборудование установленное на заводе, позволяет выпускать оребренные трубы длиной до 18 метров, как из углеродистых, так и из легированных сталей. Высокое качество изготавливаемых заводом оребренных труб подтверждено

Оборудование для малой энергетики

Определенную долю заводской продукции составляют паровые и водогрейные котлы и комплектные котельные мощностью до 5 МВт.

Начиная с 1993 года на заводе освоено серийное производство **котельного оборудования для нужд малой энергетики**:

1. Автоматизированные водогрейные котлы типа КВГ мощностью 2,5 МВт (2,15 Гкал) и 1,1 МВт (1,0 Гкал), работающие на жидком и газообразном топливе.
2. Автоматизированные жаротрубные паровые котлы производительностью 1,6 и 2,5 тонн пара в час, давлением 10 МПа.
3. Установки водогрейные транспортабельные типа УВТ мощностью 2,2 МВт и 5,0 МВт на базе КВГ-1,1 и КВГ-2,5.

Оборудование УВТ скомпоновано в двух утепленных контейнерах размерами 9270x3210x3300 мм. Строительства специального котельного помещения не требуется.

В комплект поставки входят:

- два котла типа КВГ;
- блочная водоподготовительная установка;
- деаэратор;
- сетевые и питательные насосы;
- система автоматики и энергообеспечения;
- бак рабочей воды;
- труба дымовая с соединительными газоходами.

В настоящее время ведутся работы по созданию более широкого типоразмерного ряда водогрейных и паровых котлов на диапазон тепловой мощности 0,5-10 МВт.

Таблица 3

1. Водогрейные котлы

Характеристики	Работающие на газе			Работающие на газе и жидком топливе	
	КВГ-1,1-95	КВГ-2,5-95	КВГ-1,15-80	КВГМ-1,1-95	КВГМ-2,5-95
Теплопроизводительность, МВт (Гкал)	1,1 (1,0)	2,5 (2,15)	1,15 (1,0)	1,1 (1,0)	2,5 (2,15)
Температура воды на входе/выходе, °С	70/95	70/95	50/80	70/95	70/95
Расчетное давление котла, МПа	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Расход жидкого топлива, кг/ч	-	-	-	110	250
Расход газа, нм³/ч	117	248	115	-	-
Температура уходящих газов, °С	117	123	80	150	167
Масса котла, кг	3300	5300	3000	5100	6905
КПД котла, %, не менее	93,4	93,4	94,7	92	91,25

2. Паровые котлы

Характеристики	Работающие на жидком топливе		Работающие на газе		
	Е-1,6-0,9ДН	Е-2,5-0,9ДН	Е-1,6-0,9Г	Е-2,5-0,9Г	Е-1,0-0,9Г
Теплопроизводительность, МВт (Гкал)	1,1 (1,0)	1,8 (1,56)	1,1 (1,0)	1,8 (1,56)	0,7 (0,62)
Паропроизводительность, т/ч	1,6	2,5	1,6	2,5	1,0
Температура воды на входе, °С	50	50	50	50	50
Давление пара, МПа	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Расход газа, нм³/ч	-	-	130	204	82
Расход дизтоплива, кг/ч	117,3	185,9	-	-	-

Блочные энергетические установки для нефтедобывающей промышленности

Применение таких установок позволяет резко увеличить добычу нефти из истощающихся нефтяных скважин.

Блочные парогенераторные установки УПГ-60/160 и УПГ-50/60 предназначены для выработки соответственно 60 и 50 т/ч влажного пара, давлением 16,0 и 6,0 МПа, температурой 345 и 274°C и степенью сухости до 80%.

Водогрейная установка УВ-150-150 предназначена для выработки воды в количестве 150 т/ч с температурой до 150°C и давлением 15,0 МПа.

В установках УПГ-60/160 в качестве топлива используется природный или попутный газ, а в установках УПГ-50/60 и УВ-150-150 - сырая нефть, попутный или природный газ.

Установка УПГ-60/160 включает в свой состав 11 блоков (вагонов-контейнеров, максимальные габариты 13,6х4,0х3,2 м, максимальная масса одного блока - 45-50 т), установка УПГ-50/60 - 12 блоков.

В состав установок входит оборудование химводоочистки и термической деазрации, электронасосные агрегаты питательной воды, парогенератор прямоточного типа со вспомогательным оборудованием, трубопроводами, предохранительной, регулирующей и запорной арматурой, оборудование топливной системы, системы автоматизации и КИП, системы отопления, вентиляции, электроснабжения и освещения.

Отечественные установки этого типа обладают преимуществами по сравнению с зарубежными:

- *улучшенные экологические показатели: температура наружных поверхностей парогенераторов, уровень шума и вибрации, естественного освещения в помещении, наличие единого помещения и возможности подхода к оборудованию для обслуживания и ремонта;*
- *более длительный межремонтный период.*

Учитывая экономическое положение и рост финансовой нестабильности предприятий России и стран СНГ, АО ТКЗ направляет свои усилия на разработку котлов малой мощности $D=20$ т/ч для предприятий легкой и пищевой промышленности. В настоящее время разработаны технико-экономические предложения для котлов 25 т/ч, $P=14...3,9$ МПа, $t=194-440^\circ\text{C}$.

В приложении 2 приведены технико-экономические показатели котлов, разработанных в период 1990-1996 г.г.

Для снижения выбросов NO_x , SO_x и других вредных примесей в проектах новых котлов предусматривается применение специальных топочных устройств, по которым ведутся экспериментальные и поисковые работы. Наиболее близки к непосредственному внедрению:

Котлы с нетрадиционной схемой сжигания твердых топлив

Следующим шагом в этом направлении является создание котлов с нетрадиционными способами сжигания топлива, максимально ограничивающих выбросы не только оксидов азота, но и оксидов серы и золы.

В стадии разработки находятся котлы с циркулирующим кипящим слоем, разновидности которых получают распространение в зарубежной энергетике. На базе отечественных исследований и разработок выполнен проект котла для Насветай ГРЭС с гранулированным кипящим слоем.

Вместе с тем ни создание громоздких и дорогих газоочистных установок, ни применение тех или иных внутрикотловых способов подавления вредных составляющих в дымовых газах не могут решить со всеобъемлющей полнотой задачу создания высокоэкономичных и, вместе с тем экологически безвредных энергетических установок. Прогрессивным направлением в решении этих проблем должно явиться создание комплексных технологических систем переработки топлива с полной утилизацией всех продуктов топочного процесса.

Следует отметить, что к настоящему времени усилиями проектно-конструкторских и научных организаций, электростанций и котлостроительных заводов накоплен теоретический и практический материал по нетрадиционным конструктивным и схемным решениям, применяемых в парогенераторостроении. К ним в последнее время начали проявлять повышенный интерес, т.к. их применение позволяет получить ощутимые преимущества и экономию материальных и денежных средств.

В качестве примера рассмотрим несколько конструкций новых котлов, разработанных АО "Красный Котельщик" совместно с другими организациями с применением нетрадиционных решений.

1. АО "Красный Котельщик" совместно с АО "Предприятие по экологическим проблемам энергетики", АО ЕЭС России, НПО "Алгон" и Алтайским государственным университетом разработали конструкции котлов для сжигания низкореакционного антрацитового штыба ухудшенного качества.

На это топливо обращено внимание в связи с перспективностью его использования в энергетике, т.к. по данным ВТИ к 2000 году количество ухудшенного АШ будет составлять около 20,5 млн/тонн с характеристиками: $Q_{P_n}=4100$ ккал/кг, $A^c=40\%$, $W^o=10-11\%$.

Это топливо является самым низкореакционным в отечественной энергетике и наиболее "сложным" по эффективности сжигания. Основными особенностями сжигания его является неустойчивость процессов воспламенения и горения, а также повышенное шлакование, загрязнение и износ поверхностей нагрева.

Кроме того, особенной сложностью является невозможность снижения до приемлемых значений выбросов оксидов азота в атмосферу технологическими методами.

2. По заявке Минэнерго от 1990 г. совместно с С.Петербургским государственным университетом был разработан опытно- промышленный котел 220 т/час для работы на высоковлажных бурых углях с целью замены отработавших ресурс котлов на ТЭЦ г.Кумертау.

В основу организации сжигания топлива был принят низкотемпературный вихрь (НТВ), прошедший широкую проверку путем малозатратных реконструкций котлов производительностью от 50 до 420 т/час при сжигании различных видов топлив. НТВ - организация горения топлива в условиях интенсивной внутрипотолочной рециркуляции газов и многократной циркуляции частиц.

При сжигании в НТВ высоковлажных бурых углей наилучшие показатели топочного процесса обеспечиваются при сжигании топлива грубого помола ($R_{1000}=20-30\%$).

С этой целью приняты молотковые мельницы с воздушной сушкой. Мельницы снабжены упрощенными сепараторами с разовой настройкой при наладке. Температура горячего воздуха 400°C . Доля первичного воздуха 40-45%. Предусмотрена система нижнего дутья - 35%.

Скорости потоков: в горелках 20 м/сек; в нижнем дутье 25-30 м/с в третичном дутье (на задней стене) - 30 м/с.

Конфигурация топки способствует вихревой аэродинамике с многократной циркуляцией частиц.

Устойчивость горения при НТВ-сжигании бурых углей с влажностью до 60% обеспечивается без подсветки во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок. Потери с мехнедожогом 0,2-0,4%. Выбросы окислов азота составляют 200 - 300 мг/м³.

В Приложении 3 приведены технико-экономические показатели котлов ТКЗ с нетрадиционной схемой сжигания твердых топлив.

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ АО "КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК"

Одним из центральных вопросов при разработке новых образцов энергетического оборудования является обеспечение минимальной их токсичности. С 80-х годов европейскими фирмами широко внедряются газоочистные установки, основанные на применении селективно-каталитических способов подавления вредных окислов в дымовых газах.

Сложившаяся ситуация в Российской энергетике, когда энергоблоки, как правило, несут лишь частичную нагрузку, дает основание ограничиться применением "первичных" методов подавления вредных выбросов (оксидов азота), реализуемых за счет соответствующей организации топочного процесса. Разработанные и внедряемые на новых и модернизируемых котлах экологические мероприятия позволяют в большинстве случаев обеспечить действующие нормативные показатели (125 мг/нм^3 для газового топлива и 250 мг/нм^3 для мазута, а для такого низкосортного твердого топлива, как Канско-Ачинский уголь - $220\text{-}300 \text{ мг/нм}^3$).

Разработанные новейшие экологические мероприятия или остались нереализованными, только в технических и рабочих проектах, или реализованы в котлах, находящихся длительное время на складах тепловых электростанций. Эта участь постигла котлы ТПЕ-216, предназначенные для сжигания канско-ачинских углей на Красноярской ТЭЦ-3; ТПЕ-214 ст. №6 Новосибирской ТЭЦ-6; ТПЕ-215 ст. №2 Челябинской ТЭЦ-3 и ст. №4 Хабаровской ТЭЦ; ТГМЕ-206 ТЭЦ-5 Ленэнерго; ТГМЕ-464 ТЭЦ-27 Мосэнерго; ТГМ-84 Волжская ТЭЦ и др.

Эти котлы отличаются от ранее выпускаемых не только самыми перспективными топочными средствами подавления оксидов азота, но и уровнем автоматизации этих процессов. Задержка в получении опыта эксплуатации этих котлов не позволяет оценить максимально возможную эффективность заложенных средств подавления NO_x в условиях сохранения надежной работы всех поверхностей нагрева, максимальной эффективности котла и минимальным уровнем других вредных выбросов (CO , концентратов вредных веществ, сажекоксевых частиц и горючих в золе уноса).

С другой стороны, в эксплуатации находятся новые газоплотные котлы с внедренными на них уже на стадии проекта технологическими мероприятиями по подавлению NO_x (ступенчатое сжигание, горелки с низким выходом NO_x с различным способом ввода газов рециркуляции). Однако до сих пор отсутствуют апробированные рекомендации по тепловому расчету типов газов при ступенчатом сжигании газа, мазута и твердых топлив. А это необходимо прежде всего для того, чтобы при проектировании нового котла или выполнении проекта реконструкции действующего котла правильно оценить величины минимально-возможных выбросов NO_x , а также других вредных выбросов, по условиям надежной работы радиационных и конвективных поверхностей нагрева и экономичности котла.

Уже давно возникла крайняя необходимость в проведении испытаний котлов разных типов (газотопных, пылеугольных с различным расположением горелок) в ступенчатом режиме работы. Однако в настоящее время не только котельные заводы, но и электростанции в отдельности не в состоянии финансировать проведение подобных испытаний.

**Технологические мероприятия по уменьшению выбросов NOx
на котлах АО ТКЗ**

Тип котла	Паро-производительность	Мероприятия	Топливо	Выбросы NOx, мг/м ³ при O ₂ =6%		Примечание
				до реконструкции	после реконструкции достигнутые (ожидаемые)	
1	2	3	4	5	6	7
ТГМП-344А	1000	Двухступенчатое сжигание газа с подачей части воздуха выше горелок. Двухпоточные горелки с подачей газов рециркуляции во внутренний или периферийный канал в зависимости от вида топлива или нагрузки котла. Установка форсунок Титан ЗМ.	газ мазут	160*-250 290	менее 110 менее 250	Котел с вихревыми горелками, расположенными в два яруса. Минская ТЭЦ-4.
ТГМП-344П	1000	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Горелки с пониженным выходом NOx. Подача газов рециркуляции в горелки.	газ мазут	160*-250 290	менее 110 менее 250	Котел с полуподовыми горелками и системой воздушного дутья, предотвращающие появление H ₂ S в районе экранов ТЭЦ-25 Мосэнерго
ТГМП-314	1000	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача газов рециркуляции в горелки. Горелки с пониженным выходом NOx. Установка форсунок "Титан ЗМ".	газ мазут	150*÷370 300÷350	(≤100) (≤250)	Котел с вихревыми горелками. Реконструкция на стадии технических предложений
ТГМП-114	1000	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Горелки с пониженным выходом NOx. Подача газов рециркуляции в горелки.	газ мазут	650÷700 650÷700	<120 ≤250	Два варианта: 1. Двухярусное расположение вихревых горелок. 2. Полуподовые горелки
ТГМЕ-206	670	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача газов рециркуляции в горелки.	газ мазут	230*-350 350	(125÷200) (250÷300)	Два варианта: 1. С вихревыми горелками. 2. С полуподовыми горелками. Северная ТЭЦ Ленэнерго
ТГМЕ-464	500	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача газов рециркуляции в горелки. Горелки с пониженным выходом NOx. Установка форсунок "Титан ЗМ".	газ мазут	250÷300 350	(120÷170) (250÷300)	Котел с вихревыми горелками и подачей третичного дутья выше горелок встречно. ТЭЦ-27 Мосэнерго. Лисичанская ТЭЦ.

1	2	3	4	5	6	7
ТГМ-84	420	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача газов рециркуляции в горелки. Горелки с пониженным выходом NOx. Установка форсунок "Титан 3М". Подача воды в ядро факела.	газ мазут	400÷450 450-500	(125÷170) (250÷300)	Два варианта: 1. Котел в негазоплотном исполнении. 2. Котел в газоплотном исполнении.
ТГМ-96	480	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача газов рециркуляции в горелки. Установка вихревых горелок в два яруса.	газ мазут	700÷800 700÷800	(150÷200) (250÷300)	
ТГМЕ-187	160	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача газов рециркуляции в горелки. Горелки с пониженным выходом NOx. Установка форсунок Титан 3М.	газ мазут	390 400	(125) (250)	Вихревые горелки
ТГМЕ-428	500	Подача газов рециркуляции в горелки. Ликвидация ошиповки в камере горения.	газ мазут	250÷300 250÷300	150 250	
ТПЕ-429А	400	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача пыли высокой концентрацией Подача газов рециркуляции в горелки (газовая сушка).	уголь "F" и "Д" газ	- -	(470) (125)	
ТПЕ-214	670	Трехступенчатое сжигание угля с использованием в качестве восстановителя природного газа (вар.1) или высокореакционного угля (вар.2) тонкого помола.	уголь "Г" и "Д"	700÷900	(450÷500)	Вар. 1 - Новосибирская ТЭЦ-5 ст.№6 Вар. 2 - Улан-Уденская ТЭЦ
ТПЕ-215	670	Двухступенчатое сжигание газа и мазута. Подача газов рециркуляции в горелки.	газ уголь "СС"	- 760÷900	(200) (500÷600)	Хабаровская ТЭЦ-3 ст.№4 Челябинская ТЭЦ-3 ст.№2 Комсомольская ТЭЦ ст.№3
ТПЕ-216	670	Трехступенчатое сжигание угля с использованием в качестве восстановителя пыли мелкой фракции: - трёхъярусное расположение основных горелок; - подача тонкой пыли после пылеконцентратора в четвертый ярус; - двухступенчатая по высоте подача третичного воздуха с целью предотвращения шлакования экранов в восстановительной зоне и дожигания продуктов неполного сгорания.	бурый уголь	450***÷500	(225÷300)	Красноярская ТЭЦ-3

1	2	3	4	5	6	7
ТП-87	420	Транспорт пыли высокой концентрации (ПВКд). Для создания над основными горелками восстановительной зоны. Используются продукты газификации 20% пыли угля, получаемые в 8-ми специальных газификационных камерах с помощью 2,5-3% природного газа.	уголь газ	800÷900 (с учетом ПВК) -	(500÷600) (150÷200)	Котел с жидким шлакоудалением Ново-Кемеровская ТЭЦ ст. №16

- * - меньшие значения получены при отключении 4-х горелок по топливу;
- ** - меньшие значения получены за счет перераспределения газа между горелками;
- *** - принят по аналогии с другими котлами.

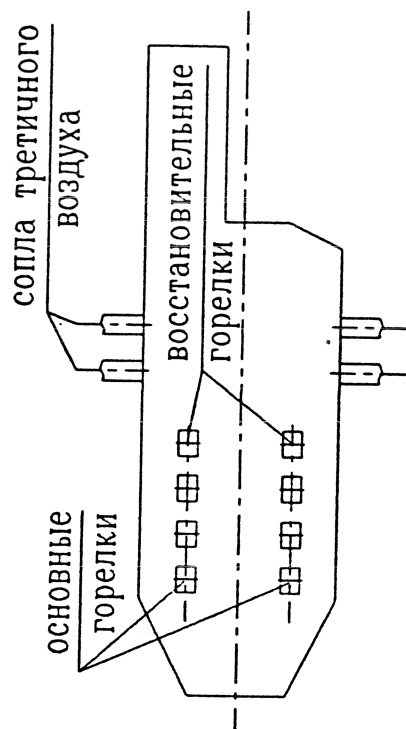


Рис.1 ТПЕ-216

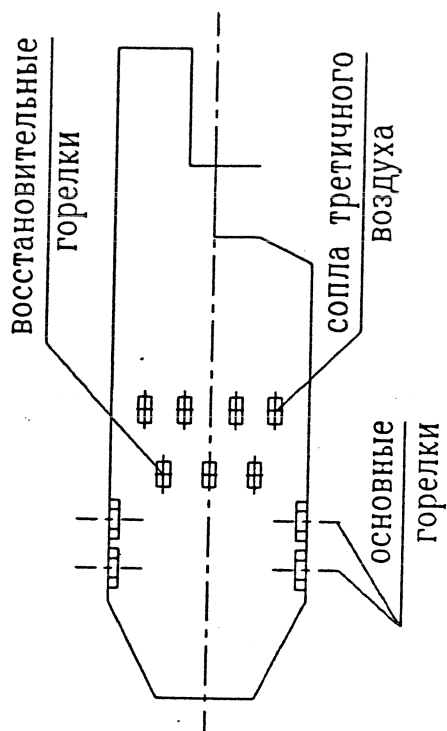


Рис.2 ТПЕ-214

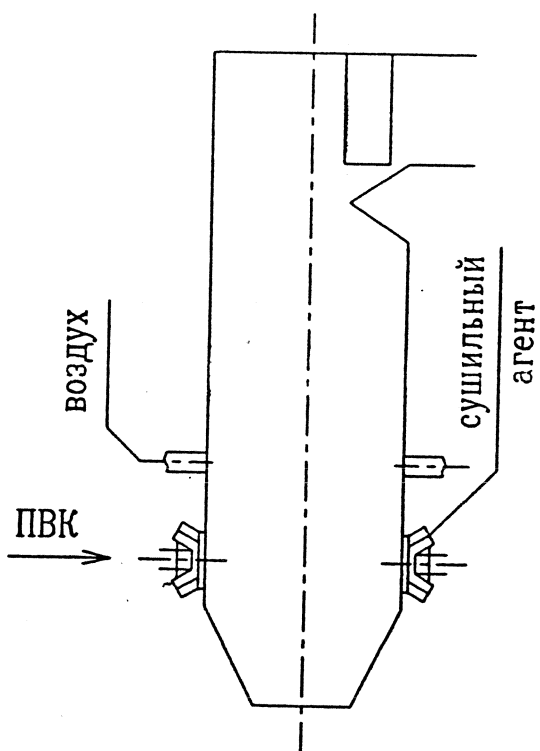


Рис.3 ТПЕ-429А

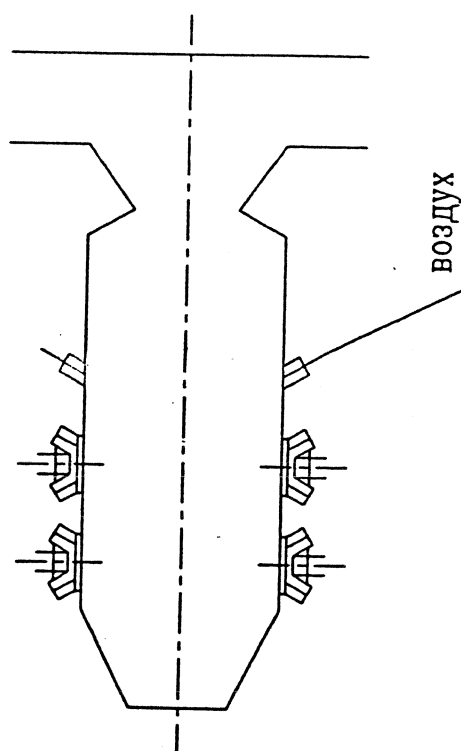


Рис.4 ТПЕ-215

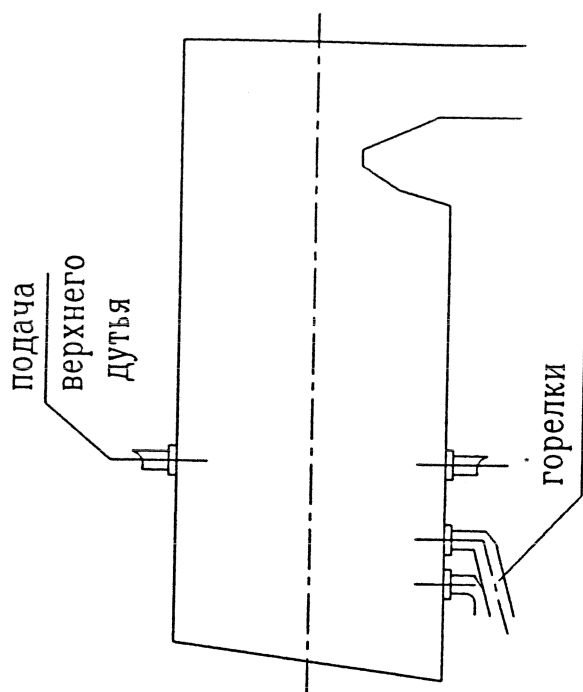


Рис.5 ТГМЕ-464, ТГМЕ-206
с вихревыми горелками

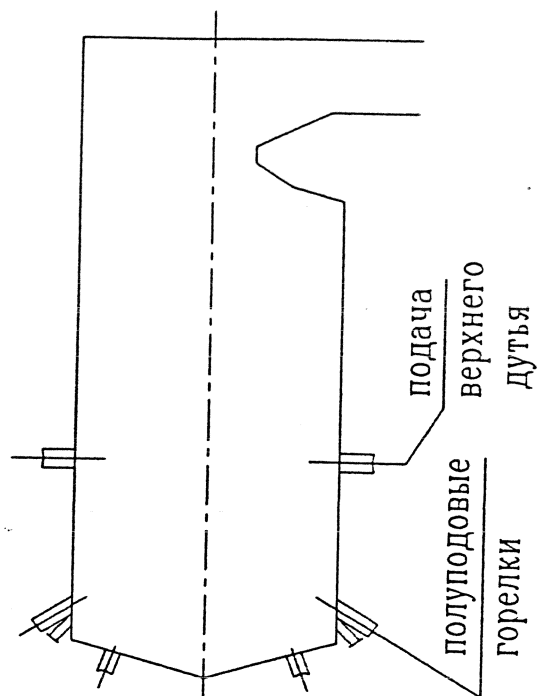


Рис.6 ТГМЕ-206 с
полуподовыми горелками

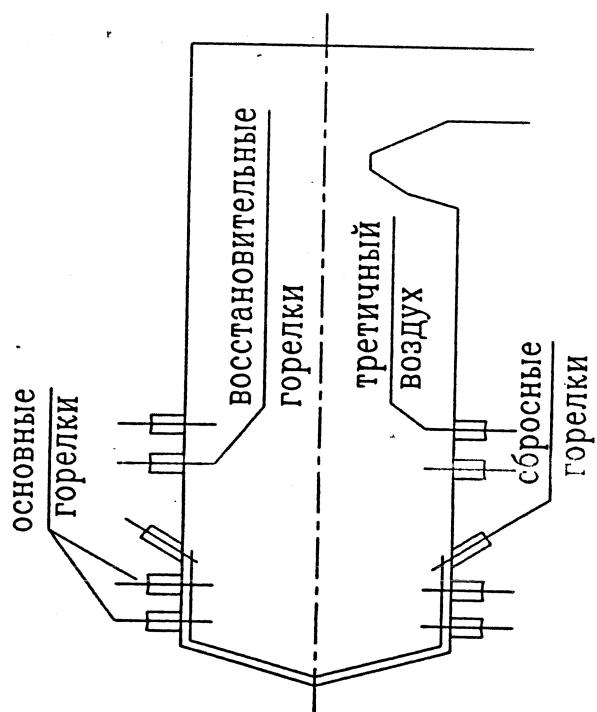


Рис.7 1000т/ч для АШ

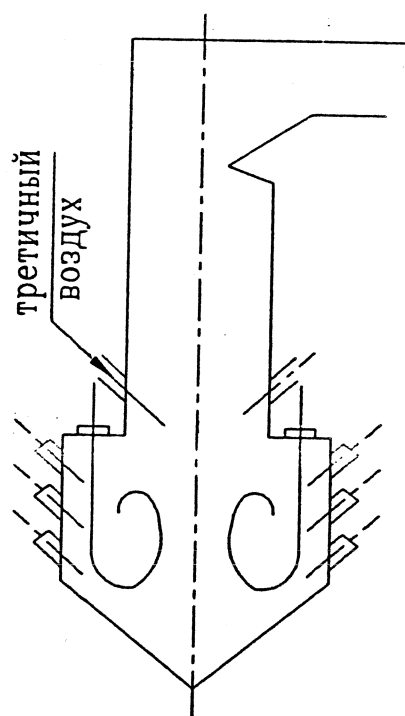


Рис.8 1000 т/ч для АШ

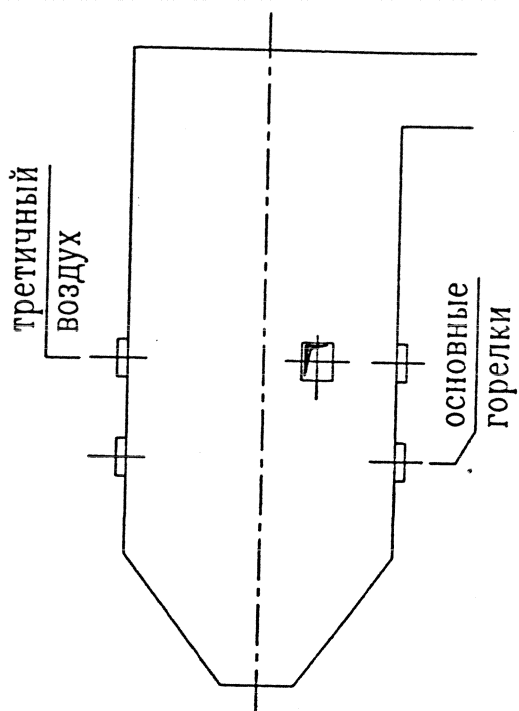
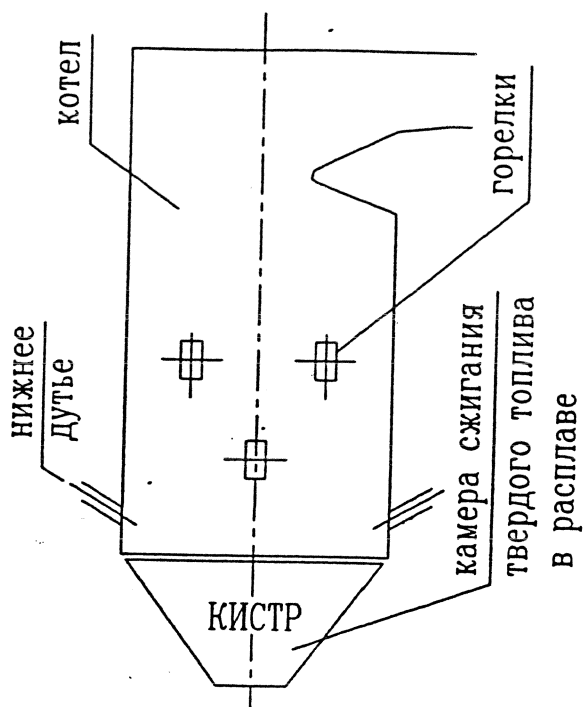
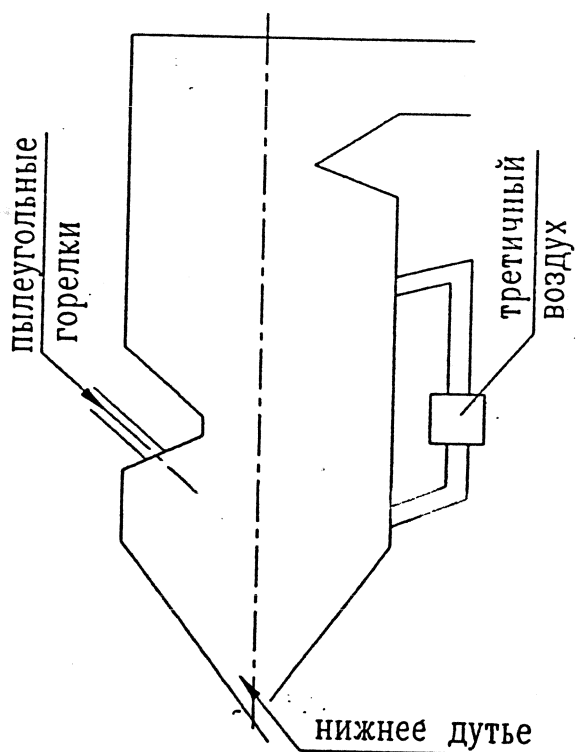
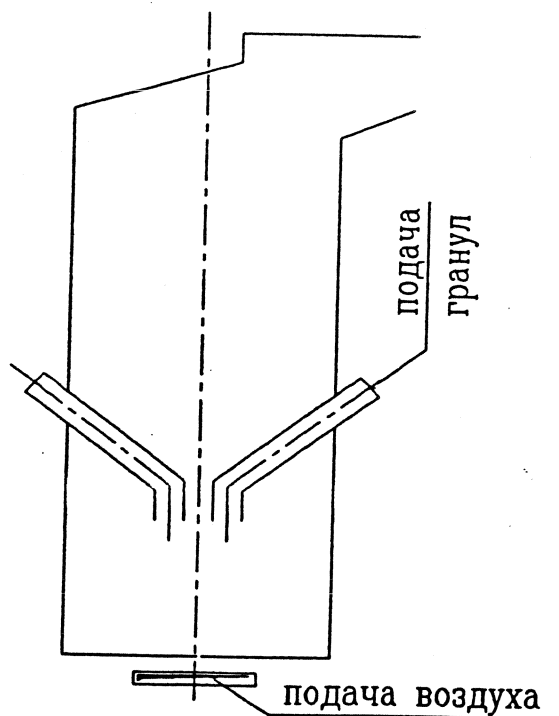


Рис.9 ТПЕ-186

Рис.10 Котел-утилизатор
D=170 т/чРис.11 Котел 220 т/ч с
низкотемпературным
вихрем для сжигания
бурых углейРис.12 Котел 180 т/ч
для сжигания углей
в кипящем слое

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ КОТЛОВ АО ТКЗ «КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК» «ДИАГНОСТ ТКЗ»

Несмотря на всю сложную инженерно-техническую подготовку, практически ни один котел и ни один серьезный узел котла не работают в расчетном режиме. Причины кроются в невозможности полностью учесть при проектировании и эксплуатации все реальные факторы и их многообразные сочетания, влияющие на работу котла и износ его элементов.

В 60-х годах соответствующими фирмами России начат регулярный контроль за отказами в работе котлов всех электростанций, в том числе с котлами ТКЗ. В течение этого времени накоплен огромный опыт и проведены подробные анализы условий работы и причины отказов, проконтролированы тысячи труб, стыков, гибов, исследованы нарушения в барабанах, других толстостенных элементах. В сферу контроля попали практически все элементы, работающие под давлением в зонах высоких температур.

Полученный многолетний опыт, владение всеми особенностями проектирования и технологии изготовления котлов послужили основой для разработки специалистами завода впервые в практике отечественного котлостроения, комплексной автоматизированной системы диагностики котлов «Диагност ТКЗ».

Сфера действия системы охватывает собственно котел, выпускаемый АО ТКЗ, и в особенности высокотемпературные элементы котла, работающие под давлением.

Система предназначена для длительного (в течение всего срока эксплуатации котла) анализа состояния металла котла, работающего при высоких температурах, давлениях и циклических нагрузках в зонах коррозионного и эрозионного износа, и определения его текущего и прогнозируемого ресурса, выполняющая информационные функции, функции автоматизированного опроса и расчета состояния каждого из контролируемых элементов котла, функции мониторинга, а также формирующая рекомендации по выбору оптимальных режимов при пусках, остановках, глубоких изменениях нагрузок, выбору материалов для замены узлов, вышедших из строя, определению объема и сроков начала ремонтных работ.

Начало функционирования системы должно совпадать с проведением первого гидротестирования котла. Таким образом, будет заложено начало корректной оценке надежностных и эксплуатационных показателей котла, оценке остаточного ресурса и прогнозу состояния оборудования.

Система диагностики позволяет повысить безаварийность эксплуатации и снизить стоимость ремонтных работ, повысить уровень сервисного обслуживания, прогнозируя сроки проведения ремонтов и комплект необходимых для этого запасных частей и оборудования.

Общие требования, которым отвечает система диагностики можно сформулировать следующим образом:

- *достоверность;*
- *полнота, т.е. достаточное количество параметров и узлов, подлежащих диагностированию;*
- *минимальное время диагностирования;*
- *глубина, означающая точность определения места дефекта;*
- *минимальная стоимость;*
- *максимальная степень автоматизации.*

Организационно структура АСТДК (рис. 1) состоит из средств автоматического сбора информации (датчики физических параметров) и так называемого «электронного журнала», не имеющего до настоящего времени аналогов, с введением в него ответственными лицами станции через клавиатуру информации отражающей:

- *учет, анализ, классификацию и архивирование дефектов оборудования;*
- *сведения об обнаруженных и устраненных дефектах и повреждениях;*
- *директивные и нормативные материалы;*
- *контроль и оперативное управление ремонтами;*
- *эксплуатационные «истории» оборудования, содержащие в хронологической последовательности имевшие место аварии, дефекты, повреждения, ремонты, модернизации, реконструкции, результаты проверок и испытаний;*
- *нормативные и фактические значения ресурсов работы агрегатов и узлов.*

Полученная информация обрабатывается и направляется в краткосрочный и длительный архивы, а также на дисплей.

Для непрерывного наблюдения используются только высоконадежные метрологически обеспеченные средства.

Принято решение при существующем состоянии измерительной техники отказаться от использования оперативных методов поиска дефектов—тепловизорных, звуковых и др. (виброакустические, радиационные, радиоволновые, магнитострикционные и т.п.). В качестве единственного способа поиска дефектов принят периодический—на остановленном в период ремонта оборудовании—с использованием визуального осмотра, дополняемого в случае необходимости ультразвуковой и магнитно-порошковой дефектоскопией, а также исследованием вырезаемых образцов.

Большое количество информации, вводимой в систему диагностики котла, представляет значительный интерес для анализа и обобщения других аспектов эксплуатации. Поэтому в АСТДК закладываются функции мониторинга, т.е. непрерывного отслеживания наиболее важных параметров процесса, как измеряемых непосредственно, так и вычисляемых с использованием архива. Осуществление мониторинга позволяет по запросу эксплуатационного персонала получить необходимую информацию в нужной форме (в виде графиков, таблиц и т.п.) с учетом логического анализа по заданным параметрам.

Объекты диагностики (рис. 2) выбираются в зависимости от типа и назначения котла на основе многолетнего опыта изготовления и эксплуатации котлов ТКЗ в различных режимах связанных со:

- *знанием технологических особенностей изготовления и заводских испытаний;*
- *данными о применяемых материалах, их заменах, теплофизических свойствах;*
- *реальными режимами работы оборудования в пусковой и последующие периоды;*
- *докладами об авариях, ремонтах, реконструкциях;*
- *результатами расчетных и прямых исследований напряженного состояния*

Отдельно рассматриваются сравнительно *низкотемпературные* и *высокотемпературные* элементы, обращается внимание на уровень агрессивности внутренней и наружной среды.

Учтено различие *необогреваемых* и *обогреваемых* элементов.

В случаях, когда поток рабочей среды разделен на подпотоки с возможной разбежкой температур, диагностика организуется либо для всех элементов, либо для допустимого по условиям измерений и объему информации числа элементов, равномерно распределенных в пакете, причем система выделяет узел—«маяк» с наименьшим (среди однотипных) ресурсом. Когда происходит смена «маяка», система информирует об этом.

Расчетные программы составляются в полном соответствии с методиками поверочных и конструктивных расчетов, утвержденными ГГН РФ и принятыми на АО «Красный Котельщик». В отдельных случаях, для удобства пользователя, параллельно может приводиться подсчет остаточного ресурса по методике, принятой Заказчиком.

При взаимодействии пользователя с системой диагностики информация отображается на дисплее в виде многоступенчатого каталога.

Система поставляется как подсистема АСУ ТП, получая от нее основную часть информации, так и в автономном варианте, оснащается полным комплектом программно-технического обеспечения и вписывается в любую структуру современных технических средств АСУ ТП..

СОЗДАНИЕ БЫСТРОЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ ТЭС

Одним из условий комплектования котлов для ТЭС энергетической арматурой является поставка и установка быстрозапорных отсечных клапанов со встроенным приводом и блоками управления для аварийного прекращения подачи топлива в топку с камерным сжиганием газа или мазута.

Таганрогской научно-технической фирмой "Энергомаш-инжиниринг" совместно с заводом "Красный котельщик" разработаны принципиально новые конструкции быстрозапорных клапанов, устанавливаемых перед горелкой котла.

В настоящее время Таганрогским заводом "Кристалл" подготовлены к серийному производству быстрозапорные клапаны для газа $P_y=1,2$ МПа $Dy100, 150, 200, 300, 400, 500$ и 600 как угловые ($Dy100, 150, 200$), так и прямоочные, и также для мазута $P_y=4,0$ МПа $Dy32, 50, 80$ и 100 .

Особенностью конструкции всех указанных клапанов является применение универсального низкооборотного привода, совершающего открытие клапана в пределах 30 с и закрытие в пределах 1с для газа и 3 с для мазута.

Привод отличается малыми габаритами, массой (11 или 14 кг), потребляемой мощностью (не более 25 Вт) при относительно высоком тяговом усилии до 7000 Н (700 кгс), создаваемым изначально при отрыве тарелки от гнезда.

Привод оснащен электродвигателем с питанием постоянным током с напряжением 27 В. Так как согласно требованиям "Норм технологического проектирования тепловых электростанций" ВНТП-81-М.:МЭ Э СССР, 1981г. питание быстрозапорных клапанов и технологических защит на ТЭС производится от источников постоянного тока напряжением 220 В (аккумуляторов), то между последним и приводом устанавливаются блоки управления и конденсаторов, поставляемые совместно с клапанами и обеспечивающие следующие требования:

1. Питание привода от аккумуляторных батарей напряжением 220В.
2. Управление клапаном дистанционное с группового щита управления, а также по месту обслуживания клапанов.
3. Сброс (закрытие) клапана в течении 5 сек при прекращении подачи энергии или исчезновении напряжения на устройствах дистанционного или автоматического управления (возможность подачи только звукового сигнала).
4. Высокая надежность (наработка на отказ не менее 750 часов).

Допускаемое давление при открытии газовых клапанов - 0,15 МПа (1,5 кгс/см²), при закрытии - 1,6 МПа (16кгс/см²), при открытии мазутных клапанов 3,5 МПа (35 кгс/см²) при закрытии - до 5,0 МПа (50 кгс/см²).

РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

В настоящее время АО "Красный котельщик" изготавливает регенеративные вращающиеся воздухоподогреватели (РВП) с диаметром ротора от 4-х до 14 метров, с необходимыми металлоконструкциями, трубопроводами, системами очистки и пожаротушения.

РВП оснащены современной автоматикой, устройствами блокировок и сигнализации, объединенными в единую схему защиты котла.

Управление РВП осуществляется с блочного щита управления в зале оператора и основные функции пуска продублированы на местном щите управления, установленного вблизи привода.

Приводы воздухоподогревателей снабжены тиристорными управляющими агрегатами, позволяющими осуществлять плавный запуск ротора, устраняя ударные нагрузки во время пуска и снижать обороты для проведения очистки. Для повышения надежности работы, РВП с диаметром ротора свыше 5,4 м, имеют 2 привода, работающие синхронно. В случае выхода из строя одного привода, производится автоматический вывод его из зацепления, а второй привод продолжает вращение ротора самостоятельно. Синхронная работа двух приводов примерно в 4 раза снижает нагрузки на цевочное зацепление.

Для предотвращения перетечек воздуха в сторону дымовых газов РВП имеют систему радиальных и окружных уплотнительных устройств и механизмов с регулировочными элементами для настройки, разработанную на основе лицензии фирмы "KRAFTANLAGEN" (Германия). При этом уровень перетоков по всем типам РВП не превышает 8%.

Набивка воздухоподогревателей металлическая, состоящая из пакетов горячего и холодного слоя. Пакеты набивки холодного слоя изготавливаются из коррозионно-стойкой стали 10ХНДП и 10ХСНД, что повышает долговечность их работы.

Сигнал о вращении ротора формируется специальным тахометром и цифровая информация о числе оборотов поступает на блочный щит управления.

Новые технические решения могут быть применены при реконструкции действующих РВП, что позволит обеспечить их более экономичную и надежную эксплуатацию.

СРЕДСТВА ОЧИСТКИ ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

АО "Красный котельщик" выпускает современные средства очистки, способные производить высокоэффективную очистку любой поверхности котлоагрегата, выпускаемые как в России, так и за рубежом.

Экраны топки и конвективной шахты очищаются маловыдвижными аппаратами типа АМ1-П, АМ1-В, "Спираль" и дальнобойными водяными аппаратами типа "Джет".

Выбор рабочего агента (вода или пар) зависит от вида топлива и конструкции котла.

Ширмовые и конвективные пароперегреватели ВД и НД, расположенные в переходной зоне газохода очищаются дальнобойными аппаратами АО, АО-А, АО-8, АО-8А с длиной выдвижения от 3,5 до 9,5 м. Рабочим агентом является пар.

Для водяных экономайзеров, трубчатых воздухоподогревателей и пароперегревателей, расположенных в опускном газоходе кроме обдувочных аппаратов может быть предусмотрена дробевая или импульсная очистка.

Все средства очистки оснащены современными автоматическими щитами управления, поставляемыми комплектно.

АО ТКЗ "КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК"**КАЛОРИФЕР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ТКЭ - 125**

Характеристика, описание и рекомендации по монтажу и обслуживанию.

г. Таганрог, Россия.

1. Наименование и область применения.

Секция калорифера ТКЭ-125 предназначена для подогрева холодного воздуха и применяется в калориферных установках для предварительного подогрева воздуха перед воздухоподогревателем в энергетических котлоагрегатах и в других системах подогрева воздуха, использующих в качестве теплоносителя горячую воду или пар.

Давление теплоносителя не более 1,9 МПа (19 кгс/см²), температура не более 300°С.

2. Техническое описание.

Калорифер (рис.1) представляет собой змеевиковую конструкцию из бесшовных стальных труб 32х3,5 со спиральным оребрением из ленты размером 12х1 мм.

Камеры - одна входная и одна выходная, расположены вертикально и выполнены из труб 108х7 мм. Оребренные трубы крепятся и дистанционируются с помощью трех трубных досок, которые соединяются в единую жесткую конструкцию приваренными к ним уголками. Гибы и отводы труб закрыты листами для исключения проскока воздуха.

Из таких калориферов со сваркой их по вертикали и по горизонтали из нескольких штук набираются блоки калориферной установки.

Из таких калориферов со сваркой их по вертикали из четырех элементов в два ряда по горизонтали в двух газоходах набирается калориферная установка ТЭС "Музаффаргарх".

Приложение.

Основные технические характеристики секции калорифера ТКЭ-125 приведены в табл.1 .

Общий вид и габаритные размеры секции показаны на рис.1.

3. Комплект поставки.

В комплект поставки входят:

- а) секция калорифера - 1 шт.
- б) паспорт - 1 экз.
- в) упаковочный лист - 1 экз.

4. Устройство и принцип работы.

Секция представляет собой змеевиковую конструкцию из бесшовных стальных труб со спиральным оребрением из ленты с размерами 12х1 мм.

Камеры поз.1,2 (см.рис.1) расположены вертикально и выполнены из труб 108х7 мм. Оребренные трубы опираются на три трубные доски, поз.4, которые раскрепляются уголками, поз.5. Гибы и отводы труб в камеры - гладкие и закрыты листами поз.6,7 для исключения проскока воздуха помимо оребренной части.

Калориферные установки могут собираться из секций путем установки их в несколько рядов по высоте и ширине в зависимости от необходимой по расчету поверхности нагрева.

Камеры секций, установленных в одном вертикальном ряду, соединяются между собой сваркой.

Принцип работы секции калорифера основан на теплообмене между теплоносителем и потоком воздуха через поверхность оребренных труб.

Теплоноситель из раздающего коллектора поступает в змеевики и совершает двухкратный перекрест с потоком воздуха, направляется в собирающий коллектор. Интенсивность теплообмена зависит как от разницы температур воздуха и теплоносителя, так и величины их скоростей.

5. Меры безопасности.

5.1. К работе с калориферными установками из секций ТКЭ-125 допускаются лица, ознакомленные с инструкцией по эксплуатации и прошедшие инструктаж по соблюдению правил техники безопасности при работе с установками, работающими при высокой температуре и высоком давлении.

Включение их в работу и отключение производится с разрешения ответственного за безопасную работу установки.

5.2. Все работы на калориферах должны производиться в присутствии ответственного лица.

6. Рекомендации по монтажу и обслуживанию.

6.1. После сборки блоки калориферной установки необходимо опрессовать давлением 2,5 Мпа (25 кг/см²).

Образовавшиеся при монтаже зазоры между секциями закрыть (уплотнить) с целью исключения проскока воздуха.

Схема отвода дренажей должна исключать возможность возникновения гидроударов при изменении нагрузки.

Дренажные линии должны иметь постоянный уклон в сторону слива конденсата и по трассе не подниматься выше нижних змеевиков секций калорифера во избежание неполного их опорожнения.

6.2. На сливных линиях с каждого блока должны быть врезаны гильзы под термодатчики для периодического замера температуры с целью сравнения работоспособности блоков.

6.3. В случае выхода из строя одного из блоков калорифера (появление свища в подводящем трубопроводе, сливной линии или змеевике) необходимо выполнить отключение и дренирование этого блока, предварительно переведя всас вентилятора из цеха. Работа секций с наличием свищей в оребренных трубах недопустима.

6.4. Обслуживание калориферов из секций ТКЭ-125 заключается в ежедневном контроле за их работой.

Обслуживающий персонал при работе калориферов должен следить за температурой воздуха перед воздухоподогревателем (слева, справа), за температурой конденсата за калориферами, не допуская ее понижения ниже 50°C при работе на газе и 90°C при работе на мазуте.

В суточную ведомость обслуживающий персонал обязан записывать показания температуры воздуха перед воздухоподогревателем (слева, справа), температуру конденсата за калориферами, а также отмечать все операции связанные с калориферами.

Обслуживающий персонал (не реже 2-х раз в смену) обязан своевременно выявлять и записывать дефекты по калориферам, проверять работу каждого блока (по степени нагрева сливных трубопроводов) и принимать соответствующие меры.

При ремонтных работах на калориферах оребренную поверхность нагрева обдувать сжатым воздухом.

Главный конструктор
АО ТКЗ "Красный котельщик"



Н.В.Рыжиков

МЕКОПОН

Одной из основных особенностей современных котлов является внедрение цельносварных (мембранных) трубных поверхностей. Мембранные поверхности первоначально получили распространение в качестве экранных поверхностей нагрева, а затем в качестве конвективных поверхностей, в частности водяных экономайзеров, практически для всех типов котельных агрегатов, работающих на различных видах топлива, включая многозольные бурые угли, высокзолые тяжелые мазуты.

Замена гладких труб на оребренные позволяет существенно интенсифицировать теплообмен. Кроме эффекта от увеличения площади теплопередающей поверхности со стороны более низкого коэффициента теплоотдачи, часто удается одновременно получить дополнительный эффект от воздействия на гидродинамику теплоносителей. В итоге это приводит к снижению металлоемкости и уменьшению габаритов поверхности нагрева, а также полных гидравлических сопротивлений с внешней и внутренней стороны. Экономия металла по сравнению с гладкими трубами составляет до 20%.

Трубчатые оребренные поверхности нагрева, сокращая общую протяженность труб в каждом теплообменном устройстве, существенно повышают надежность их работы. Достигается это за счет уменьшения числа сварных стыков и количества гибов - повышенных источников аварий. В условиях эксплуатации электростанций, где металлу труб нередко приходится работать при предельно высоких давлениях и температурах, такое обстоятельство становится особо важным.

Высокая жесткость мембранных змеевиков позволяет выполнять их практически для всех типоразмеров горизонтальных конвективных поверхностей нагрева котлов с опиранием в двух крайних точках без промежуточных опор, т.е. мембранные змеевики с продольными ребрами можно отнести к самонесущим конструкциям вследствие их достаточной жесткости по отношению к прогибу при характерном горизонтальном расположении в газоходе. При этом обеспечивается стабильность проходного сечения для газов, что способствует уменьшению не только золотого износа и загрязнения золой, но и обеспечивает эффективность средств очистки.

Мембранная конвективная поверхность нагрева (МЕКОПОН - рис.1) представляет собой конструкцию, образованную сваренными между собой прямыми или гнутыми оребренными трубами со свободными местами от ребер в местах гибов и на ножках. Приварка полосы к трубам осуществляется с помощью токов высокой частоты, а соединение ребер по торцам с образованием панели (мембраны) - с помощью электрозаклепок.

Весь комплекс работ по изготовлению МЕКОПОН организован на АО ТКЗ "Красный котельщик" в условиях поточно-механизированной линии, единственной в мировой практике, включающей в себя специализированное оборудование с применением ЭВМ по комплектации труб, их гибке, сварке и сборке пакетов поверхностей нагрева котельных агрегатов.

МЕКОПОН успешно и эффективно работают на более чем 50-ти электростанциях России и странах Ближнего и Дальнего зарубежья.

КАЛОРИФЕРЫ

АО ТКЗ "Красный Котельщик" изготавливает теплообменники (калориферы) со спиральным ленточным оребрением труб для предварительного подогрева воздуха, поступающего в котел, для использования в системах вентиляции и воздушного отопления зданий и помещений, а также охлаждения неагрессивных жидкостей в установках различного назначения.

Греющей средой в калориферах и охлаждающей в теплообменниках-отопителях является вода, насыщенный им слабоперегретый пар с параметрами: давление до 19 кгс/кв.см и температурой до 300°C.

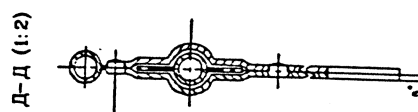
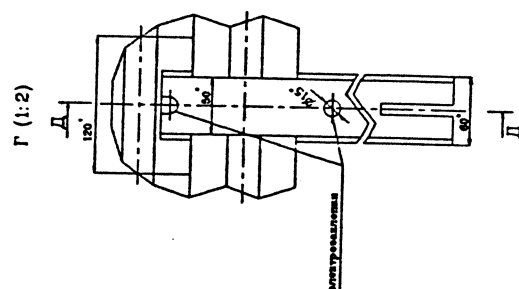
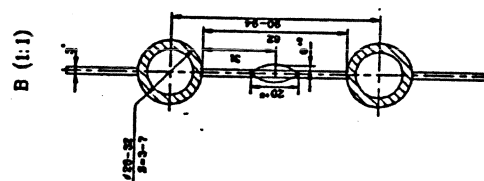
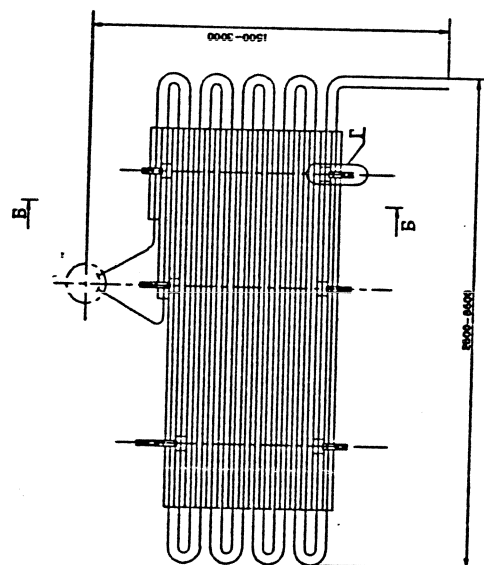
Конструкция калорифера удобна и надежна в эксплуатации. Применение труб с толщиной стенки $S=2,5-3,5$ мм по сравнению с тонкостенными трубами позволяет значительно повысить срок службы калорифера.

Наличие трубных досок в конструкции теплообменника обеспечивает надежное крепление и дистанционирование оребренных труб в изделии и исключает вибрационные воздействия при прохождении воздушного потока через калорифер.

Качественные характеристики обеспечиваются применением современного технологического и сварочного оборудования и надлежащих средств контроля.

Повышенная тепловая эффективность калорифера достигается за счет выбора оптимизированных значений диаметра труб, высоты и толщины ребра и значительно уменьшенного шага навивки ребер вплоть до 3,5 мм.

Все это позволяет широко внедрять предлагаемую конструкцию калорифера в воздухонагревательных установках различного назначения.



PNC.1

Табл.1

Наименования	I	Обозначения	I	Величина
	I	I	I	I
1. Расположения труб .	I	-	I	Шахматное
2. Наружный и внутренний диаметры	I	дн/двн	I	32/25
3. Шаги труб, мм :	I		I	
- поперечный	I	S1	I	70
- продольный	I	S2	I	60
4. Живое сечения для прохода воздуха, кв.м	I	Fв	I	1.27
5. Поверхность нагрева, кв.м	I	Нн	I	125 +5
6. Число труб, в секции	I	N	I	60
7. Число труб в первом ряду по ходу воздуха	I	Z1	I	15
8. Число ходов греющей среды	I	-	I	2
9. Число рядов труб по ходу воздуха	I	Z2	I	4
10.Площадь сечения секции по набегавшему потоку, кв.м	I	Fнп	I	2.62
11.Площадь сечения для прохода среды, кв.м	I	f	I	0.0147
12.Масса секции, кг	I	G	I	1150
	I		I	

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технико-экономические показатели

модернизированных котлов

ТП-42М, ТП-170М, ТГМ-84М, ТП-87М, ТГМЕ-464М

КОТЕЛ ТП-42М

1. Технический проект модернизации котла разработан для Томь-Усинской ГРЭС.

2. Технические характеристики:

- паропроизводительность	230 т/час
- температура пара повышена	510 - 540°C
- давление пара за котлом	100 кгс/см ²
- давление в барабане	117 кгс/см ²
- температура питательной воды	225°C
- шлакоудаление	твердое
- выбросы NOx	в пределах норм.

3. Топочная камера, горизонтальный газоход и верхняя часть опускного газохода экранирована цельносварными панелями, подвешенными к металлоконструкциям потолочного пароперекрытия.

4. Горелочные устройства размещены на четырех стенах близко к углам топки таким образом, что их оси направлены по касательной к центральному кругу диаметром 1200 мм. Горелки оснащены устройством для подачи пыли высокой концентрации.

5. Вся верхняя часть кроме барабана размещена в теплом ящике, который исключает необходимость в индивидуальной изоляции отдельных труб и коллекторов.

6. Шлакоудаление осуществляется роторно-скрепковой шлакоудаляющей машиной.

7. Поверхности нагрева размещенные в опускном газоходе опираются на каркас.

8. Пароперегреватель котла выполнен трехступенчатым

- первая ступень ширмовый пароперегреватель;
- вторая - четырехпетлевой конвективный противоточный пакет;
- третья ступень - трехпетлевой прямоточный конвективный пучек.

9. Водяной экономайзер двухступенчатый.

- первая - с продольно-оребрёнными трубами.
- вторая - гладкотрубная.

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ КОТЕЛ ТП-170 МФТ

На электростанциях России эксплуатируется 90 котлов ТП-170. Большинство этих котлов выработало свой ресурс, конструкция морально устарела, котлы не отвечают современным требованиям по экологическим и технико-экономическим показателям.

По заявке РАО "ЕЭС России" АО ТКЗ проводится модернизация котлов ТП-170 для работы на кузнецких углях, бурых углях Канско-Ачинского бассейна и фрезерном торфе.

Первый котел разрабатывается для Тверской ТЭЦ-4 на фрезерном торфе (котел ТП-170МФТ)

Старые котлы ТП-170 не обеспечивают номинальную производительность ($0.6+0.8D_{ном}$) из-за неудовлетворительной аэродинамики топки, шлакования экранов и пароперегревателя, воздушной сушки топлива.

Основные особенности предлагаемой модернизации:

- сохранение фундаментов и зданий старых котлов;
- газоплотность топки и основных газоходов;
- газовая сушка топлива;
- применение мельниц-вентиляторов с прямым вдуванием;
- тангенциальная компоновка горелок для организации вихревого сжигания торфа с вертикальной осью вращения;
- подача вторичного воздуха с запаздыванием по смешению для защиты экранов от шлакования и снижения образования окислов азота;
- организация нижнего дутья для снижения мехнедожога;
- увеличение сечения конвективных газоходов на 30% для уменьшения абразивного износа;
- увеличение поверхностей нагрева пароперегревателя для увеличения температуры перегрева пара с 510 до 540°C;
- замена двух барабанов на один $d_{вн} = 1600$ мм с двумя водоподводящими стояками $\varnothing 465 \times 30$;
- применение ступени экономайзера низкого давления для возможности снижения температуры уходящих газов до 150°C.

Технические данные котла ТП-170МФТ

- | | |
|--|---|
| 1. Паропроизводительность номинальная | 170 т/час |
| 2. Паропроизводительность пиковая | 200 т/час |
| 3. Параметры пара: | |
| - температура | 540 °C |
| - давление | 100 кгс/см ² |
| 4. Топливо: | фрезерный торф с влажностью до 60%, газ |
| 5. Температура уходящих газов (на торфе) | 150°C |
| 6. КПД на торфе (брутто) | 89,5% |
| 7. Содержание окислов азота: | |
| - на торфе | 350 мг/нм ³ |
| - на газе | 125 мг/нм ³ |

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ КОТЕЛ ТГМ-84М ДЛЯ СЖИГАНИЯ ГАЗА И МАЗУТА

Котлы ТГМ-84 были спроектированы в 50-е годы. До 1982 года было изготовлено более 200 котлов. Нарботка первых котлов превысила 200 тыс. часов, более половины имеют наработанный ресурс за 100 тыс. часов.

Технико-экономические показатели котлов находятся на низком уровне из-за неплотностей в обмуровке, присосов в РВП; КПД составляет от 88% до 90%; выбросы окислов азота на мазуте более 350 мг/нм³, на газе - 260 мг/нм³.

Цель проведенной модернизации котла ТГМ-84 -осуществить замену отработавших ресурс котлов с сохранением основных элементов каркасов, фундаментов.

Модернизация (ТГМ-84М) котла проводится на более высоком современном уровне, с учетом большого опыта эксплуатации и выявленных недостатков по надежности основных элементов.

Основные особенности модернизации:

- газоплотность ограждающих поверхностей;
- сохранение основных элементов каркасов и фундаментов;
- применение специальных двухканальных горелок с низким выходом окислов азота;
- установка дымососов рециркуляции;
- организация двухступенчатого сжигания газа;
- повышение маневренных характеристик котла ликвидацией радиационного пароперегревателя на фронтальной стене и двухсветного испарительного экрана;
- повышение надежности работы пароперегревателя организацией прямоточного движения пара и увеличением скоростей пара.

Технические характеристики модернизированного котла ТГМ-84М

1. Паропроизводительность номинальная - 420 т/час;
2. Паропроизводительность пиковая - 450 т/час;
3. Параметры пара:
 - температура - 560°C;
 - давление - 140 кгс/см²;
4. Коэффициент полезного действия:
 - на газе - 94%;
 - на мазуте - 93%;
5. Выбросы окислов азота (при $\alpha=1,4$):
 - на газе - 150 мг/нм³;
 - на мазуте - 250 мг/нм³;

Объем поставки (от 1500тн до 2000 тн) устанавливается для каждого заказчика индивидуально.

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ КОТЕЛ ТП-87М ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Котел ТП-87М после модернизации с использованием существующих фундамента и каркаса имеет следующую техническую характеристику:

Номинальная производительность, т/ч	420
Рабочее давление в барабане, МПа (кгс/см ² - при сжигании)	16,2 (165)
Давление пара за котлом, МПа (кгс/см ²)	13,7 (140)
Температура пара за котлом, °С	550
Температура питательной воды, °С	230
Температура горячего воздуха, °С	130
КПД котла брутто (на угле), %	92
Содержание окисления азота за котлом (при $\alpha=1,4$), Мг/нм ³	
- на угле	500
- на газе	200

Топочная камера выполнена газоплотной без пережима для сжигания кузнецких углей с жидким шлакоудалением. Потолок газоплотный с теплым ящиком над ним. Вместо водоподводящей системы из отдельных труб применены стояки Ø426 в количестве 4 штук, соединяемые с барабаном и нижними коллекторами экранов трубами Ø159х15. До отметки 12,6 м нижняя часть топочной камеры ошипована. Горелки пылеугольные 8 штук, расположены встречно в один ярус на фронтальной и задней стенах котла с учетом подачи пыли высокой концентрации. Над основными горелками установлены 8 дополнительных, а над ними сопла третичного дутья в количестве 16 штук. Между дополнительными горелками и соплами на боковых стенах расположены 4 горелки сброса сушильного агента из пылесистемы.

Ступенчатое сжигание твердого топлива осуществляется:

Высококонцентрированное топливо подается в основные горелки 80%, в дополнительные 20% при больших избытках в основных горелках по сравнению с избытком в дополнительных горелках. В дополнительных горелках происходит разогрев угольной пыли до высокой температуры путем сжигания природного газа. Для восстановления части окислов азота, образовавшихся в зоне основных горелок, организована выше дополнительных горелок восстановительная зона, в которую также через сбросные горелки подается сушильный агент с оставшимся в нем топливе. В конце восстановительной зоны через сопла третичного дутья подается воздух, необходимый для дожигания продуктов неполного сгорания топлива. Для данного котла и условий данной станции (Новокемеровской ТЭЦ) предложенные технологические мероприятия по снижению образования выбросов окислов азота при высококонцентрированной подаче пыли являются максимальными и должны позволить обеспечить выбросы не более указанных выше.

Пароперегреватель котла состоит из радиационной части (потолка, ограждений переходного и поворотного газохода), ширмовой части, а также 3-х ступенчатой конвективной части. Повышена надежность работы пароперегревателя за счет увеличения весовых скоростей пара, а также снижения конечной температуры перегретого пара до 550°.

Компоновка поверхностей в конвективной шахте сохраняется прежней, конструктивные изменения претерпел водяной экономайзер и воздухоподогреватель с сохранением габаритов. Водяной экономайзер выполнен мембранным, для первого хода воздуха выделен самостоятельный куб из труб разного диаметра, а нижняя доска из низколегированной коррозионностойкой стали.

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ КОТЕЛ ТГМЕ-464М ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 500 т/час ДЛЯ СЖИГАНИЯ МАЗУТА И ПРИРОДНОГО ГАЗА

Котел спроектирован в 1973-1975 гг. и количество поставленных котлов на электростанции составляет около 80 шт. Может работать как под наддувом, так и с уравновешенной тягой.

По мере накопления опыта эксплуатации котлов ТГМЕ-464 проводилось совершенствование конструкции его отдельных узлов, а именно:

- оптимизация схемы, конструкции и пароперепускной системы пароперегревателя с уменьшением количества его ступеней;
- опускные стояки водоопускной системы вварены непосредственно в барабан без промежуточного пучка труб;
- установлены новые горелочные устройства и организовано ступенчатое сжигание топлива, что улучшило экологические показатели по вопросам NOx.

В результате выполненных работ уменьшается вес котла и обеспечено снижение выбросов NOx при сжигании мазута до 350 мг/нм³, при сжигании газа до 180 мг/нм³. Однако указанные экологические показатели не отвечают современным требованиям.

Проведенные расчетно-конструкторские проработки показали, что на котле ТГМЕ-464 можно добиться снижения выбросов NOx до нормативных (на мазуте до 250 мг/нм³, на газе - 125 мг/нм³) при этом необходимо изменить конструкцию топki и пароперегревателя с сохранением профиля, внешних габаритов, верхней отметки котла и отметки выхода перегретого пара. Для снижения выбросов NOx на котле необходимо выполнить следующие мероприятия:

- установить горелочные устройства новой конструкции на фронтном и заднем экранах по 8 шт;
- над горелочными устройствами установить сбросные сопла для организации ступенчатого сжигания природного газа;
- увеличить объем топочной камеры путем уменьшения высоты переходного газохода на 1 м и высоту теплого ящика ("шатра") на 1,4 м.

Изменение конструкции конвективного пароперегревателя заключается в изменении труб Ø32х6 вместо Ø36х6, что повышает надежность его работы.

После модернизации котел ТГМЕ-464М имеет следующие технические данные:

- Паропроизводительность, т/ч	500
- Давление пара на выходе из паросборного коллектора, кгс/см ²	133
- Температура, °С	
перегретого пара	560
питательной воды	230
- Температура уходящих газов, °С	
при работе на газе	121
при работе на мазуте	161
- КПД, % (с учетом технологических мероприятий по подавлению выбросов NOx)	
при работе на газе	94,6
при работа на мазуте	92,8
- Выбросы NOx не более мг/нм ³ при α=1,4	
при работе на газе	125
при работа на мазуте	250

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Технико-экономические показатели
котлов ТКЗ,
разработанных в 1990-1996 г.г.

УСТАНОВКИ ВОДОГРЕЙНЫЕ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫЕ (УВТ)

Установки водогрейные транспортабельные УВТ-2,2Г и УВТ-5Г-1 предназначены для получения горячей воды на отопление и горячее водоснабжение промышленных и жилищно-коммунальных объектов. Установки УВТ поставляются в полной заводской готовности на базе водогрейных котлов КВГ-1,1-95 и КВГ-2,5-95. Котельное и вспомогательное оборудование (химводоподготовка, теплообменники, насосы) расположены в двух боксах-модулях.

По желанию заказчика может быть поставлен весь набор оборудования без модулей (россыпью), необходимый для монтажа котельной в капитальном здании.

№№ п/п	Наименование параметра	УВТ-2,2Г	УВТ-5Г-1
1.	Тепловая мощность, МВт (Гкал)	2,2(1,9)	5,0(4,3)
2.	Отпуск тепла на ГВС, МВт (Гкал)	0,4(0,35)	0,47(0,4)
3.	Отпуск тепла на отопление, МВт (Гкал)	1,7(1,46)	4,4(3,79)
4.	Давление газа перед ПШГР, МПа	0,3+0,6	0,3+0,6
5.	Расход природного газа, м ³ /ч	239	540
6.	Температура воды на отопление, °С	95	95
7.	Температура воды на ГВС, °С	55	55
8.	Масса установки, (расчетная), кг	45000	48000
	— блок котельный	21000	25500
	— блок вспомогательного оборудования	18000	18000
9.	Габаритные размеры блоков, м		
	— длина	9,0	9,0
	— ширина	3,2	3,2
	— высота	3,3	3,3

Комплект поставки:

— блок котельный	- 1 комплект
— блок вспомогательного оборудования	- 1 комплект
— труба дымовая Н=32м	- 1 комплект
— пункт шкафной газорегуляторный (ПШГР)	- 1 комплект
— газоход	- 1 шт.
— грязевик	- 1 шт.
— агрегат электронасосный ВК2/26АУ2	- 1 шт.
— дефлекторы	- 4 шт.
— узел учета газа	- 1 комплект
— водоотливы и уплотнения тамбура	- 1 комплект
— техническая документация	- 1 комплект

КОТЛЫ ВОДОГРЕЙНЫЕ КВГ-1,1-95 и КВГ-2,5-95

Котлы водогрейные КВГ-1,1-95 и КВГ-2,5-95 тепловой мощностью 1,1 и 2,5 МВт соответственно работают на природном газе. Котлы предназначены для получения горячей воды с температурой 95°C и устанавливаются в стационарных котельных, а также в транспортабельных водогрейных установках.

№№ п/п	Наименование параметра	КВГ-1,1-95	КВГ-2,5-95
1.	Теплопроизводительность, МВт (Гкал)	1,1(1,0)	2,5(2,15)
2.	Температура воды на входе, °C	70	70
3.	Температура воды на выходе, °C	95	95
4.	Давление в трубной системе, расчетное, МПа (кгс/см ²)	1,6(16)	1,6(16)
5.	Расход воды через котел, т/ч	38	86
6.	Расход газа, нм ³ /ч	119	270
7.	Масса котла, не более, кг	3300	5300
8.	Габаритные размеры котла, м		
	— длина	4,8	4,8
	— ширина	1,3	1,3
	— высота	1,9	2,2
9.	КПД котла, % не менее	92,4	92,4

Комплект поставки:

— котел в сборе с горелкой	- 1 комплект
— вентилятор с электродвигателем	- 1 комплект
— арматура в пределах котла	- 1 комплект
— система управления горением	- 1 комплект
— контрольно-измерительные приборы	- 1 комплект

КОТЕЛ ВОДОГРЕЙНЫЙ КВа-0,25

Котел водогрейный КВа-0,25ГН тепловой мощностью 0,25 МВт работает на природном газе. Котел предназначен для получения горячей воды с температурой 85°C в системе отопления жилищно-коммунальных объектов и в составе "крышной" котельной.

№№ п/п	Наименование параметра	Величина
✓ 1.	Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	0,25 (0,215)
2.	Температура воды на входе, °С	55
3.	Температура воды на выходе, °С	85
4.	Давление воды, не более, МПа (кгс/см ²)	0,6(6)
5.	Расход воды через котел, т/ч	7,2
6.	Расход газа, нм ³ /ч	29
7.	Масса котла, не более, кг	1100
8.	Габаритные размеры котла, м	
	— длина	1,15
	— ширина	1,15
	— высота	1,675
9.	КПД котла, %	93,8

Комплект поставки:

— котел в сборе с горелкой	- 1 комплект
— вентилятор с электродвигателем	- 1 комплект
— арматура в пределах котла	- 1 комплект
— система управления горением	- 1 комплект
— контрольно-измерительные приборы	- 1 комплект

КОТЕЛ ПАРОВОЙ ЖАРОТРУБНЫЙ Е-1,6-0,9ГН

Котел паровой жаротрубный автоматизированный паропроизводительностью 1,6 т/ч предназначен для выработки насыщенного пара, используемого для теплотехнических нужд предприятий промышленности, агропромышленного комплекса, объектов бытового обслуживания и жилищно-коммунального хозяйства.

№№ п/п	Наименование параметра	Величина
1.	Производительность по пару, т/ч	1,6
2.	Теплопроизводительность, МВт (Гкал)	1,2 (1,0)
3.	Давление пара, МПа (кгс/см ²)	0,9 (9,0)
4.	Температура пара, °С	174
5.	Влажность, не более, %	2
6.	Топливо	природный газ
7.	Масса котла, не более, кг	10000
8.	Габаритные размеры котла, м	
	— длина	5,40
	— ширина	2,75
	— высота	2,66
9.	КПД котла, %	89,5

Комплект поставки:

— котел в сборе с горелкой	- 1 комплект
— вентилятор с электродвигателем	- 1 комплект
— питательный насос с электроприводом	- 1 комплект
— трубопровод и арматура в пределах котла	- 1 комплект
— система управления горением	- 1 комплект
— контрольно-измерительные приборы	- 1 комплект

Паровой котел Е-25-1,4 Г предназначен для выработки насыщенного пара, идущего на технологические нужды промышленных предприятий, в системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Технические характеристики парового котла Е-25-1,4 Г

Паропроизводительность, т/ч	25
Давление пара, МПа (кгс/см ²)	1,4 (14)
Температура насыщенного пара, °С	194
Площадь поверхности нагрева, м ²	
радиационный	64,8
конвективной конвективного пучка	205,7
конвективной водяного экономайзера из стальных труб	869
КПД котла, %	93,0
Габаритные размеры котла (без площадок и лестниц) мм	
длина	9600
ширина	3100
высота	3950
Габаритные размеры конвективного водяного экономайзера из стальных труб, мм	
длина	3060
ширина	2730
высота	3200
Масса котла, кг	24000
Масса водяного экономайзера, кг	15000
Концентрация оксидов азота (NO _x) при пересчете на сухие продукты сгорания и избытке воздуха $\alpha=1,4$ не превысит мг/нм ³	125

Паровой мазутный котел Е-25-3,9-440М предназначен для выработки перегретого пара с рабочим давлением 3,9 МПа (40 кгс/см²) и температурой 440°C для паровых турбин и технологических нужд предприятий.

Котел может быть модернизирован для сжигания природного газа.

Основные технические данные

Паропроизводительность, т/ч	25
Давление перегретого пара, МПа (кгс/см ²)	3,9 (40)
Температура, °C	
перегретого пара	440
питательной воды	125
Температура уходящих газов, °C	179
КПД, %	91
Габариты котла (с площадками и лестницами), мм	
длина	6600
ширина	5020
высота	9100
Масса котла в объеме заводской поставки, кг	75000
Экологические показатели (выбросы окислов азота) не более: мг/нм ³ при $\alpha=1,4$	300

Котел Е-160-3,9-440 ГМ (ТГМЕ-190)

Рабочий проект разработан на АО ТКЗ "Красный котельщик" в 1994 г применительно для условий монтажа в существующем здании Ижевской ТЭЦ-1.

Котел Е-160-3,9-440 ГМ (ТГМЕ-190) предназначен для работы на природном газе, а при оборудовании средствами очистки, и на мазуте.

Котел среднего давления с естественной циркуляцией, одnobарабанный с сомкнутой П-образной компоновкой, уравновешенной тягой.

Топочная камера-призматическая, в сечении представляет собой прямоугольник с размерами по осям труб по ширине 4660 мм, по глубине 9040 мм, по высоте 21230 мм. Все стены топки образованы испарительными газоплотными панелями из труб $\varnothing 60 \times 4$, сталь 20 с шагом 80 мм. В промежутках между трубами варена полоса 6x20 мм. На боковых стенах топочной камеры установлены четыре газомазутные горелки (по две на каждой стене) в два яруса и 6 сопел для ввода вторичного воздуха при работе на газе или газов рециркуляции при работе на мазуте.

Потолочный пароперегреватель, задняя и боковые стены конвективной шахты экранированы трубами $\varnothing 32 \times 5$, сталь 20 с шагом 52 мм. В промежутках между трубами также варена полоса 6x20 мм. В конвективной шахте первая ступень (по ходу пара) конвективного пароперегревателя двухзаходная, из труб $\varnothing 38 \times 4$ с шахматным расположением $S_1=156$ мм; $S_2=45$ мм. Вторая ступень конвективного пароперегревателя трехзаходная, из труб 38×4 с шахматным расположением $S_1=156$ мм; $S_2=45$ мм.

Между первой и второй ступенями КПП установлен пароохладитель поверхностного типа для регулирования температуры перегретого пара.

Водяной экономайзер мембранный, из оребренных труб $\varnothing 28 \times 4$, сталь 20.

После конвективного газохода дымовые газы по газопроводу поступают в отдельно стоящий блок трубчатого воздухоподогревателя, состоящего из трех кубов высотой 2,6 м, установленных друг над другом. В ТВП применены трубы $40 \times 1,5$; $S_1=60$ мм, $S_2=42$ мм в шахматном расположении.

Паровой котел снабжен необходимой арматурой и устройствами отбора проб пара и воды, а также приборами КИП и А.

Процессы питания котла, горения, регулирования перегретого пара полностью автоматизированы.

Паровой котел спроектирован с учетом последних достижений отечественного котлостроения и по основным показателям соответствует лучшим зарубежным образцам.

Первая и вторая ступени (по ходу пара) конвективного пароперегревателя трехзаходные из труб $\varnothing 38 \times 4$.

Основные технические данные.

Паропроизводительность т/ч	160
Давление пара, МПа, (кг/см)	3,9 (40)
Температура, °С	
- перегретого пара	440
- питательной воды	145
Температура уходящих газов, °С	
- при работе на газе	127
- при работе на мазуте	156
КПД, % (расчетный)	
- при работе на газе	94,5
- при работе на мазуте	93,6
Габариты котла (по осям колоны), мм	
- ширина	11280
- глубина	8930
- высота (наивысшая точка)	26270
Габариты воздухонагревательной колонки (по осям колоны), мм	
- ширина	11280
- глубина	4420
- высота	19800
Экологические показатели (выбросы окислов азота) для $\alpha=1,4$ не более мг/нм	
- при работе на газе	125
- при работе на мазуте	250
Вес котла, т	600

Котел Е-220-9,8-540Г (Модель ТГЕ-129)

Паровой котел Е-220-9,8-540 ГМ одnobарабанный с сомкнутой П-образной компоновкой газоходов, с естественной циркуляцией и уравновешенной тягой.

Топочная камера - призматическая, в сечении представляет собой прямоугольник с размерами по осям труб по ширине 9040 мм, по глубине 6740 мм. Фронтальная стена газоплотная выполнена из испарительных труб $\varnothing 60 \times 5$, сталь 20 с шагом 80 мм. В промежутках между трубами варена полоса 6×20 , Сталь 20. Задняя и боковая стены топки образованы испарительными газоплотными панелями из труб $\varnothing 60 \times 5$, сталь 20 с шагом 80 мм. В промежутках между трубами также варена полоса 6×20 , сталь 20.

На боковых стенах топочной камеры установлены 8 газомазутных горелок (по четыре на каждой стене) в два яруса и 8 сопл для ввода вторичного воздуха при работе на газе или для ввода газов рециркуляции при работе на мазуте.

Над соплами вторичного воздуха расположен ширмовый пароперегреватель. Ширмовый пароперегреватель изготавливается из труб $\varnothing 32 \times 5$ 12Х1МФ, шаг между пакетами $S_1=560$ мм, между трубами $S_2=35$ мм.

Продукты сгорания из топочной камеры через ширмовый пароперегреватель, а затем фестон, образованный разводкой труб верхней части заднего экрана топки, поступают в конвективный газоход к первой, а затем ко второй ступеням конвективного пароперегревателя. Потолочный пароперегреватель, задняя и боковые стены конвективной шахты экранированы трубами $\varnothing 32 \times 5$ сталь 20 с шагом 52 мм. В промежутках между трубами варена полоса 6×20 , сталь 20.

Первая и вторая ступени (по ходу пара) конвективного пароперегревателя трехходовые из труб $\varnothing 36 \times 5$ 12Х1МФ с шахматным расположением пакетов $S_1=78$ мм, $S_2=90$ мм.

После ширмового пароперегревателя и первой ступени конвективного пароперегревателя установлены впрыскивающие парохладители для регулирования температуры перегретого пара.

Водяной экономайзер мембранный, из оребренных труб $\varnothing 28 \times 4$ сталь 20, выполнен из 2-х частей. Нижняя часть шахматная, состоит из пакетов 1-го и 2-го потоков.

Верхняя часть образована из продолжения труб пакета 1-го потока.

Продолжение труб 2-го потока образуют подвесную систему конвективной шахты, на которой крепятся все поверхности нагрева конвективной шахты: водяной экономайзер, вторая и первая ступени конвективного пароперегревателя.

После конвективного газохода дымовые газы по газопроводу поступают в отдельно стоящий блок РВП-54 (в варианте с РВП) или блок трубчатого воздухоподогревателя (в варианте с ТВП), состоящего из 4-х кубов высотой 2,6 м каждый, установленных друг над другом. В ТВП применены трубы $\varnothing 40 \times 1,5$, $S_1=60$ мм, $S_2=42$ мм в шахматном расположении.

Паровой котел снабжен необходимой арматурой и устройствами отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, горения и регулирования перегретого пара полностью автоматизированы.

Паровой котел будет спроектирован с учетом последних достижений отечественного котлостроения и по основным показателям соответствовать лучшим зарубежным образцам.

Основные технические данные

Паропроизводительность, т/ч	220
Давление пара, МПа (кг/см ²)	9,8(100)
Температура, °С	
- перегретого пара	540
- питательной воды	215
Температура уходящих газов, °С	119
КПД, %	94,7
Габариты котла (по осям колонн), мм	
- ширина	10800
- глубина	17000
- высота (наивысшая точка)	24750
Габариты воздухонагревательной колонки (по осям колонн), мм	
- ширина	10800
- глубина	6000
- высота	21000
Экологические показатели (выброс окислов азота) для $\alpha=1,4$ не более, мг/нм ³	125
Ориентировочный вес котла, т	900

Паровой котел модель ТГМЕ-432

АО ТКЗ разработан рабочий проект котла 500т/ч с нормативными выбросами NOx с улучшенными маневренными характеристиками

Котел ТГМЕ-432 с естественной циркуляцией предназначен для работы на ТЭЦ с поперечными связями (возможна работа в режиме моноблока) и обеспечивает температуру перегрева $t_{пе}=560^{\circ}\text{C}$ при работе на газе и мазуте в диапазоне нагрузок 100-40%Дном.

Основные технические данные:

Паропроизводительность, т/ч	500
Давление пара на входе, кгс/см ²	140
Температура, °C	
- перегретого пара	560
- питательной воды	230
Температура уходящих газов, °C	
- при работе на газе	122
- при работе на мазуте	159
КПД (с учетом технологических мероприятий по подавлению выбросов NOx), %	
- при работе на газе	94,5
- при работе на мазуте	93,0
Удельные выбросы окислов азота, за котлом (в пересчете на сухие дымовые газы и $\alpha=1,4$), мг/мм ³ , не более:	
- при работе на газе	125
- при работе на мазуте	250

Принята сомкнутая П-образная компоновка газоходов с горизонтальным расположением в них поверхностей нагрева. При этом:

- улучшаются маневренные характеристики котла в связи с его полной дренируемостью;
- чисто восходящее движение газов в подъемном газоходе, в котором расположены теплонапряженные поверхности, создает равномерное температурное поле, что улучшает температурный режим поверхностей нагрева;
- коридорное расположение труб конвективного пароперегревателя в опускном газоходе обеспечивает надежную экономичную работу котла как на газе, так и на тяжелых мазутах.

Создаются условия для применения охлаждаемых элементов крепления и дистанционирования.

Топка призматическая с расположением вихревых горелок в три яруса на боковых стенах. При сжигании газа в работе находятся 1 и 2 яруса горелок, а в третий ярус подается воздух для обеспечения ступенчатого сжигания с целью подавления выбросов NOx.

При сжигании мазута в диапазоне нагрузок 100-60%Дном в работе находятся три яруса горелки, при снижении нагрузок нижний ярус отключается по топливу и в него подаются газы рециркуляции.

Тепловая схема котла обеспечивает возможность работы котлов в режиме ПГУ.

Паровой котел ТГМЕ-222

Паровой котел на газе и мазуте предназначен для работы в составе парогазовой установки мощностью 260 МВт, состоящей из паровой турбины К-225-130 или Т-180-130, парового котла Еп-670-13,8-545ГМ и газотурбинной установки ГТЭ-32 п/о НЗЛ.

Котел рассчитан на работу в 2-х режимах: комбинированном (режим ПГУ) и автономном (при остановленном ГТУ, режим ПСУ) при сжигании природного газа и мазута.

Областями применения являются:

- тепловые электростанции с конденсационными парогазовыми энергоблоками мощностью 260 МВт;
- тепловые электростанции с теплофикационными парогазовыми установками.

Основные технические характеристики:

(топливо - газ/мазут)

	Режим ПГУ	Режим ПСУ
Паропроизводительность, т/ч	670	670
Давление за котлом, кгс/см ²	140	140
Температура за котлом, °С	545	545
Расход пара промперегрева, т/ч	601/611	572/572
Давление пара промперегрева, кгс/см ²	28,5/29,1	27,6/27,6
Температура пара промперегрева за котлом, °С	545	545
Температура пара промперегрева перед котлом, °С	330/332	324/324
Температура питательной воды, °С	256/257	274/249

Работа котла в схеме ПГУ предполагается в режиме уравновешенной тяги в топке, предусмотрена возможность частичной или полной подачи воздуха к горелкам котла от воздухонагревательной установки, а также подача части окислителя (примерно 2%) в режимах

ПГУ и ПСУ в сбросные сопла выше зоны горения для организации ступенчатого сжигания природного газа.

При разработке профиля котла приняты следующие положения:

- *однобайпасная пусковая схема;*
- *полная дренируемость поверхностей нагрева с целью улучшения маневренных характеристик;*
- *применение охлаждаемых элементов крепления пароперегревателя с целью увеличения его надежности и ресурса работы;*
- *прямоточная схема движения рабочей среды в пароперегревателе высокого давления и выходной ступени низкого давления.*

Топка призматическая с двухъярусным расположением вихревых горелок на фронтальной и задней стенах с размещением над ними сопел третичного дутья.

В проекте заложены мероприятия по подавлению NOx:

- *двухступенчатое сжигание газа с избытками воздуха в горелках -0,75-0,8;*
- *применение горелок с пониженным образованием NOx;*
- *подача газов рециркуляции в горелки.*

Паровой котел ТГЕ-433

В настоящее время АО ТКЗ разрабатывает рабочий проект котла 500т/ч с выбросами NOx ниже нормативных с улучшенными маневренными характеристиками.

Котел ТГЕ-433 предназначен для работы на ТЭЦ с поперечными связями (возможна работа в режиме моноблока) и обеспечивает температуру перегрева $t_{пг}=560^{\circ}\text{C}$ при работе на газе и $t_{пг}=5450^{\circ}\text{C}$ при работе на мазуте в диапазоне нагрузок соответственно 100-50%Дном и 100-60%Дном.

Основные технические данные:

Паропроизводительность, т/ч	500
Давление пара на входе, кгс/см ²	140
Температура, °C	
- перегретого пара	560/545
- питательной воды	230
Температура уходящих газов, °C	
- при работе на газе	122
- при работе на мазуте	159
КПД (с учетом технологических мероприятий по подавлению выбросов NOx), %	
- при работе на газе	94,5
- при работе на мазуте	93,0
Максимально-длительная паропроизводительность при отключении ПВД ($t_{пв}=160^{\circ}\text{C}$) т/ч:	400
Удельные выбросы окислов азота за котлом (в пересчете на сухие дымовые газы и $\alpha=1,4$), мг/мм ³ , не более:	
- при работе на газе	100
- при работе на мазуте	250

В связи с тем, что разрабатываемый котел предназначен для замены оборудования модернизируемых и реконструируемых ТЭЦ, применительно к условиям здания котельного отделения I очереди Невинномысской ГРЭС, в проекте принята сомкнутая компоновка газоходов с размещением недренируемого ширмового пароперегревателя в выходном окне топки, в опускном конвективном газоходе расположены три ступени горизонтального дренируемого пароперегревателя и пакеты водяного экономайзера, с установкой двух барабанов.

Для размещения в существующем здании не имеющем ограничений по высоте, характерном для Невинномысской ГРЭС, возможен вариант котла с одним барабаном

Горизонтальное расположение пароперегревателей в опускном газоходе делает возможным применение охлаждаемых элементов крепления и дистанционирования.

Топка призматическая с двухъярусным расположением вихревых горелок на боковых стенах с размещением над ними сопел третичного воздуха.

В проекте заложены мероприятия по подавлению NOx:

- двухступенчатое сжигание газа с избытками воздуха в горелках -0,75-0,8;
- применение горелок с пониженным образованием NOx;
- подача газов рециркуляции в горелки.

Тепловая схема котла обеспечивает возможность выполнения пароперегревателя из стали перлитного класса без применения аустенита и работу котла в составе ПГУ.

**Паровой котел
паропроизводительностью 500 т/ч
на параметры пара $P=13,8$ МПа, $t=560^{\circ}\text{C}$**

Котел Е-500-13,8-560 КТС предназначен для работы на кузнечных углях марки ГРСШ, ГРОК-1, ГР с теплофикационными турбинами на ТЭЦ.

Котел высокого давления, с естественной циркуляцией, однобарабанный, однокорпусной П-образной компоновкой поверхностей нагрева, газоплотный с уравновешанной тягой, подвесной к собственному каркасу. Вынесенный трубчатый воздухоподогреватель из труб $\varnothing 40 \times 1,5$ опирается на собственный каркас и располагается в здании котельной. Котел может периодически работать с температурой питательной воды 160°C с сохранением теплопроизводительности при номинальной паропроизводительности и температуре питательной воды. Топочная камера открытая, призматическая прямоугольного сечения с размерами глубиной 8640 мм и шириной 16080 мм и оборудована восемью вихревыми пылеугольными горелками, расположенными на фронтальной и задней ее стенах в один ярус. Для снижения выброса оксидов азота до 500 мг/нм^3 при $\alpha=1,4$ применена двухступенчатая схема сжигания с установкой на фронтальной и задней стенах топки сопел сброса и сопел третичного воздуха.

Стены топочной камеры экранированы цельносвязанными мембранными панелями из гладких труб $\varnothing 60 \times 6$ из стали 20 с вварной полосой.

На фронтальной и частично боковых стенах верхней части топки расположен радиационный пароперегреватель из труб $\varnothing 32 \times 6$ из стали 12Х1.

На котле установлен барабан, внутренним диаметром 1600 мм с толщиной листа 112 мм из стали 16ГНМА с внутрибарабанными циклонами и паропромысловыми устройствами.

Стены и колд переходного газохода, потолок топочной камеры, переходного и опускного газоходов экранированы цельносварными мембранными панелями из труб 32×5 из стали 20.

В переходном газоходе расположены последовательно ширмовый пароперегреватель из труб $\varnothing 32 \times 5$ из стали 12Х1МФ, конвективный пароперегреватель второй ступени из труб $\varnothing 36 \times 6$ из стали 12Х1МФ и $\varnothing 32 \times 4$ из стали 12Х18Н12Т, конвективный пароперегреватель первой ступени из труб $\varnothing 36 \times 6$ из стали 12х1 мф. Регулирование температуры перегретого пара производится впрыском собственного конденсата.

В опускном газоходе расположены две секции мембранного водяного экономайзера из труб $\varnothing 28 \times 4$ из стали 20 с коридорным расположенными параллельно фронту котла пакетами.

Применена индивидуальная схема пылоприготовления с пылевым бункером, газовой сушкой топлива и установкой двух барабанных мельниц типа МБ (разработка ЦКТИ) со 100% резервом.

Схема подачи готовой пыли к горелкам - с высокой концентрацией под давлением (ПВК-д) .

Процессы питания котла, регулирование температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства защиты технологического оборудования.

Изготовление котла предусматривается в виде транспортабельных заводских блоков, узлов и элементов.

Основные технические данные:

Паропроизводительность, т/ч	500
Давление пара, МПа	13,8
Температура, °С	
- перегретого пара	560
- питательной воды	230
КПД, %	88,8
Температура уходящих газов, °С	146
Габариты котла (по осям колонн), мм:	
- ширина	24680
- глубина	35590
- верхняя отметка	50500
Экологические показатели (выбросы NOx) для $\alpha=1,4$, не более мг/нм ³	500
Ориентировочный вес котла, тонн	4300

**Газомазутный барабанный котел с естественной циркуляцией
на давление пара 176 кгс/см² производительностью 1100 т/час
(Еп1100-17,3-545/545 ГМД)**

Котел предназначен для выработки пара с давлением 176 кгс/см² при сжигании высокосернистого мазута, природного газа и нефти. Имеет один промперегреватель, имеет совмещенную П-образную компоновку. Котел полностью дренируемый.

Для снижения величины падающих тепловых потоков и генерации окислов азота на котле применено трехярусное расположение вихревых горелок с повышенным расстоянием между ярусами, для этих целей применяется и рециркуляция дымовых газов. Для устранения кризиса теплообмена в топочной камере применены трубы с внутренним винтовым оребрением. Теплоснабжение сечения топки 4,27 Гкал/м²ч, объема - 164,2 Мкал/м³ч.

Для снижения генерации окислов азота при сжигании природного газа применяется ступенчатое сжигание. Выбросы NOx на газе - 125мг/нм³, на мазуте - 250 мг/нм³ ($\alpha = 1,4$).

Регулирование температуры пара промперегрева осуществляется рециркуляцией дымовых газов и размещением входного пакета в отдельном параллельном с регулируемым расходом газов газоходе, что позволяет поддерживать номинальную температуру пара в диапазоне нагрузок 100-50%.

Для выходных ступеней предусмотрено применение стали с малым содержанием никеля (ДИ-59) имеющей более высокие показатели по жаростойкости и жаропрочности, чем сталь 12Х18Н12Т.

Основные технические данные:

Паропроизводительность, т/ч	1100
Давление пара, МПа	17,3
Температура, °С	
-перегретого пара	545/545
-питательной воды	254
КПД, %	94
Верхняя отметка котла, мм	64000
Экологические показатели (выброс окислов азота) для $\alpha=1,4$ не более, мг/нм ³	
- на газе	125
- на мазуте	250

**Паровой котел СКД 1000 т/час для сжигания АШ ухудшенного качества
с твердым шлакоудалением.
(Пп1000-25-545/542 Кт)**

Для снижения выбросов окислов азота, устранения газовой коррозии в НРЧ, улучшения режима удаления шлака, снижения шлакования верхней части котла, что имеет место на действующих котлах СКД с жидким шлакоудалением, предлагается П-образный котел с "плечевой" топкой твердого шлакоудаления для сжигания АШ с

$$Q_H^p = 4500 - 4100 \text{ ккал/кг.}$$

Котел оснащается вновь разработанными прямоточными горелками с потолочной установкой, что позволяет применить низкую скорость первичного воздуха с повышенной концентрацией пыли. В горелке имеется разрыв между струями первичного и вторичного воздуха, что улучшает условия воспламенения топлива. Проведенные аэродинамические исследования показали наличие мощного потока рециркулирующих из ядра газов в зону воспламенения, которая доходит до кратности 3 (по отношению по всему организованно подаваемому воздуху), что позволяет рассчитывать на высокую устойчивость процесса горения. Этому также способствует ступенчатая подача воздуха в факел по мере выгорания топлива, которая также снижает генерацию NOx.

Температура газов на выходе из топки принята 1140°C. Воздух подогревается до 457°C в четырехступенчатом трубчатом воздухоподогревателе. Нижний предел работы без подсветки факела не ниже 0,7 Дном, выбросы NOx $\leq 700 \text{ мг/нм}^3$ ($\alpha = 1,4$).

Основные технические данные:

Паропроизводительность, т/ч	1000
Давление пара, МПа	25
Температура, °C	
- перегретого пара	545/542
- питательной воды	277
КПД, %	86,8
Верхняя отметка котла, мм	76000
Экологические показатели (выбросы NOx) для $\alpha=1,4$ не более, мг/нм ³	700

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Котлы ТКЗ,
с нетрадиционной схемой сжигания
твердого топлива

КОТЕЛ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО УХУДШЕННОГО АШ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Этот котел позволяет сжигать топливо с высокой зольностью и низкой теплотворной способностью, связывать и удалять серу непосредственно в процессе сгорания, уменьшать выбросы окислов азота технологическими методами независимо от вида сжигаемого топлива.

Алтайским государственным университетом разработана новая технология сжигания твердого топлива в кипящем слое, суть которой состоит в предварительном гранулировании смеси из размолотого исходного топлива, золы и известняка с целью приближения состава кипящего слоя к монодисперсной смеси.

На базе этой технологии выполнен рабочий проект модернизации одного из действующих котлов ТП-230 Несветай ГРЭС для опытно-промышленного сжигания гранулированного АШ ухудшенного качества в кипящем слое.

Основной особенностью проекта является наличие охлаждаемой воздухораспределительной решетки, газоплотных ограждений экранов в топочной камере, испарительных экранов и змеевикового пароперегревателя в зоне кипящего слоя, элементов гранулирования и подачу в топку гранул, отвода и охлаждения выгоревших гранул, растопочных горелок.

Содержание золы в гранулах около 70-80%, диаметр гранул 4-6 мм. Высокая зольность гранул позволяет использовать низкосортные топлива, сжигания которых в традиционных топочных устройствах невозможно.

Добавка известняка при изготовлении гранул позволяет связывать серу в процессе горения топлива и снижать выбросы окислов серы в 3-4 раза.

Частицы топлива распределены в объеме гранул и доступ кислорода к топливу затруднен. Это создает восстановительную среду внутри гранул и снижает образование окислов азота, выбросы которых составляет 150-200 мг/нм³. Выгоревшие пористые гранулы - практически готовый теплоизоляционный материал.

Основные данные по модернизированному котлу

- паропроизводительность, т/ч	-180
- давление пара, МПа(кг/см ²)	-10(100)
- температура перегретого пара, °C	-510
- температура в слое, °C	-900
- высота кипящего слоя, м	-1.8
- давление воздуха перед распределительной решеткой, МПа	-0.025
- содержание окислов азота в дымовых газах, мг/нм ³	-150-200
- связывание серы, %	-85-95
- количество известняка к стехио метрическому значению	-1.3
- унос золы из слоя к зольности исходного топлива, %	-30
- содержание углерода в выгоревших гранулах, %	-0.3
- температура уходящих газов	

КОТЕЛ ДЛЯ СЖИГАНИЯ УХУДШЕННОГО АШ В ШЛАКОВОМ РАСПЛАВЕ

Котел предназначен для сжигания антрацитового штыба ухудшенного качества в шлаковом расплаве применительно к опытно-промышленной установке (ОПУ) тепловой мощностью 200 МВт для Несветай ГРЭС ОПУ представляет собой комплекс специального оборудования для экологически чистого сжигания угля, переработки шлака в шлакощебень, использования полиметаллических отходов в качестве сырья для металлургической промышленности.

Камера интенсивного сжигания твердого топлива (КИСТР) в сплаве расположена под топочной камерой котла. Образующиеся в процессе сжигания продукты газификации угля с температурой 1550°C естественным путем направляются в топочную камеру котла, для дожигания и утилизации тепла в топке и конвективных газоходах. Практически котел работает как котел-утилизатор.

Основные преимущества данной технологии сжигания твердого топлива заключаются в следующем:

- возможность использования различных по качеству и маркам углей, включая низкорекреационный ухудшенный АШ;
- практически полная переработка шлака в экологически чистую продукцию;
- обеспечение нормативных показателей по вредным выбросам в атмосферу без применения специальных средств очистки;
- исключение традиционного пылеприготовительного оборудования подготовки угля к камерному сжиганию.

Котел может работать в трех основных режимах:

- дожигание продуктов газификации угля;
- дожигание продуктов газификации угля совместно с природным газом;
- сжигание природного газа при неработающем КИСТРе.

На начальном периоде эксплуатации до накопления опыта предусматривается подсветка природным газом во всех режимах сжигания продуктов газификации угля.

Для снижения образования NOx сжигание продуктов газификации угля, а также природного газа осуществляется ступенчато.

При дожигании продуктов газификации первая порция воздуха (первичный воздух) в количестве 12% от теоретически необходимого смешивается с продуктами газификации на входе в топку путем подачи его через 11 сопел расположенных встречно-сместенно на фронтальной и задней стене топки под углом 15° к горизонту в сторону камеры интенсивного сжигания (вниз).

Остальной воздух, необходимый для дожигания продуктов газификации, подается через 6 плоскофакельных горелок, установленных на боковых стенах топки по схеме "Треугольником вниз". Избыток воздуха на номинальной нагрузке в топке за соплами первичного воздуха составляет ≈ 0.17 , за нижними горелками - 0,48, за верхними горелками - 1,1.

Для подавления выбросов SO₂ предусмотрен ввод сухой известковой пыли в топку через 16 сопел расположенных встречно на фронтальной и задней стенах. Подача известковой пыли осуществляется из промбункера воздушным эжектором с давлением 4 кгс/см².

При работе котла на природном газе также организуется ступенчатое сжигание последнего. При этом задействуются и сопла подачи известковой пыли.